



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO FÍSICA EM CÃES DE POLÍCIA

JOÃO CARLOS AGOSTINHO ALVES

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI
Doutor António José de Freitas Duarte
Doutora Graça Maria Leitão Ferreira Dias
Doutora Ilda Maria Neto Gomes Rosa
Major Med Vet Pedro José Godinho Brites

ORIENTADOR
Major Med Vet Pedro José Godinho Brites

CO-ORIENTADORA
Doutora Graça Maria Leitão Ferreira Dias

2012

LISBOA



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO FÍSICA EM CÃES DE POLÍCIA

JOÃO CARLOS AGOSTINHO ALVES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutor António José de Freitas Duarte
Doutora Graça Maria Leitão Ferreira Dias
Doutora Ilda Maria Neto Gomes Rosa
Major Med Vet Pedro José Godinho Brites

ORIENTADOR

Major Med Vet Pedro José Godinho Brites

CO-ORIENTADORA

Doutora Graça Maria Leitão Ferreira Dias

2012

LISBOA

À minha família

AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa o culminar de um conjunto de anos de formação e, simultaneamente, o início de uma nova fase de vida.

Para que a sua realização fosse possível, há que reconhecer o trabalho, ajuda e interesse de várias pessoas sem as quais a sua concretização não se verificaria.

Desde logo, todos os militares da Companhia de Intervenção Cinotécnica da Guarda Nacional Republicana que, com o seu interesse e vontade constituíram o grupo em estudo e cuja imprescindível colaboração se reflecte nos resultados obtidos.

Ainda, ao Major Costa Pinto, Comandante do Grupo de Intervenção Cinotécnico da GNR por toda a disponibilidade demonstrada e particularmente ao Tenente Bruno Lopes, Comandante da Companhia de Intervenção Cinotécnica, cujo interesse e ajuda foram também motor deste trabalho.

Aos Médicos Veterinários da Guarda Nacional Republicana, que me ajudaram na escolha e delineação do tema e também na condução dos testes em si.

À Professora Graça Ferreira Dias, que desde o primeiro instante se mostrou interessada com todos os pontos deste trabalho, ao incentivo constante na sua execução, acompanhamento próximo e permanente durante o trabalho e a redacção e revisão desta dissertação.

Este trabalho encontra-se enquadrado no estágio na Clínica de Canídeos de Exército, que me permitiu adquirir um conjunto de conhecimentos e rotinas essenciais para o exercício das minhas funções enquanto Médico Veterinário.

Devo, por isso, agradecimento e reconhecimento a todos os membros da Clínica, que não só me ensinaram como proporcionaram um ambiente extraordinário durante todo o tempo que lá passei.

Ao Major Pedro Brites, por todos os conhecimentos que me procurou transmitir, sem reservas, pela confiança que em mim depositou, permitindo-me ganhar confiança e prática e por me ter levado a conhecer diferentes realidades da actividade clínica.

Ao Capitão André Fonseca, que por constantemente pôr à prova os meus conhecimentos me motivou a querer saber e aprender mais, partilhando o seu conhecimento e a sua experiência.

Ao Tenente Paulo Morouço, fonte da introdução de técnicas novas para a actividade desta Clínica, interesse permanente e total disponibilidade, que foi sempre grande fonte de motivação e interesse pelo contante melhoramento das capacidades adquiridas.

Ao Sargento-ajudante José Monteiro, que comigo partilhou a sua experiência e sempre contribuiu para o excelente ambiente que encontrei durante o estágio.

Aos meus camaradas da Academia Militar, de modo particular ao David Couto e ao José Tomás, pelos anos partilhados, pelas experiências vividas e por tudo o que me ensinaram.

Aos meus colegas e amigos da Faculdade, sem esquecer nenhum, que forneceram o colorido desta caminhada de aprendizagem e que tornaram este percurso num verdadeiro prazer que deixa saudades.

Por fim, à minha família, que sempre fez tudo e me acompanhou para que nada de verdadeiramente importante me faltasse e tivesse as melhores oportunidades, fazendo com que estivesse sempre acompanhado em cada passo.

À Ana, sempre ao meu lado, que me motivou a cada momento a tentar melhorar sempre enquanto profissional e enquanto pessoa, sendo o guia do caminho que quero seguir.

Avaliação da condição física em cães de polícia

RESUMO

Os testes de avaliação da condição física têm como objectivo adequar o treino a cada animal, avaliar o seu desempenho bem como a sua evolução.

O objectivo do presente trabalho consistiu na avaliação da exequibilidade da utilização de um teste de condição física em passadeira em cães de polícia (n=20), composto por 5 etapas de seis minutos cada, a velocidades crescentes de 9,6; 11,2; 12,8; 14,4 e 16 km/h e a uma inclinação de 10%. O teste terminava quando o animal completasse as cinco etapas ou quando fosse atingida a exaustão, quer entre etapas quer durante as mesmas. Os valores de lactato sanguíneo da veia marginal da orelha, a frequência cardíaca e a temperatura rectal em 20 canídeos que são utilizados como cão de polícia foram determinados em repouso, após cada uma das etapas e depois de um período de recuperação de 20 minutos.

A duração média do exercício foi 19m17s (desvio padrão \pm 5m30s), tendo apenas um dos animais completado as cinco etapas, tendo sido possível estabelecer curvas para cada parâmetro, que registaram um crescimento gradual ao longo do teste. No caso do lactato sanguíneo, não foram encontradas diferenças quando comparados estádios consecutivos mas, quando comparados com o instante em repouso (T0), foram encontradas variações significativas em T2 ($P<0,05$) e T3, T4 e T6 ($T<0,001$). Quando se considerou a temperatura rectal, a principal variação registada verificou-se entre T0 e T3 ($P<0,05$). A frequência cardíaca foi o parâmetro com maiores variações, tendo sido determinados aumentos entre T1 e T2 ($P<0,05$) e entre T1, T4 e T6 ($P<0,01$), comparativamente às etapas que antecederam esse estadio. Quando comparados com T0, todos os estadios apresentam diferenças significativas ($P<0,001$). Não se verificou, no entanto, a existência de uma correlação entre os parâmetros avaliados no teste.

Neste estudo foi possível testar a avaliação da condição física de cães de polícia, utilizando amostras sanguíneas da veia marginal da orelha e um aparelho portátil de medição de lactato. Verificou-se, inclusivamente, que os valores registados em animais previamente familiarizados com a passadeira foram semelhantes aos que não o foram.

Os resultados obtidos abrem caminho a posteriores estudos e fornecem dados passíveis de serem utilizados no treino e avaliação de cães que desempenham este tipo de trabalho.

Palavras-chave: Cão, exercício, condição física, teste de esforço.

Evaluation of physical fitness in police dogs

ABSTRACT

Physical fitness tests have the goal to adapt training to each animal, to evaluate its performance and evolution.

The aim of this study was to evaluate the feasibility of a physical fitness test on police dogs (n=20), using a treadmill, consisting of five steps of six minutes each at increasing speeds of 9,6; 11,2; 12,8; 14,4 e 16 km/h with a slope adjusted to 10%. The test ended when the animal completed the five steps or when exhaustion was reached, either during or between steps. The test ended when the animal completed the five steps or when exhaustion was reached, either between or during stages. The blood lactate from the marginal ear vein, heart rate and rectal temperature of 20 dogs that are used as police dog were measured at rest, after each step and after a recovery period of 20 minutes.

The mean duration of exercise was 19m17s (standard deviation \pm 5m30s), with only one animal completing all five stages, allowing to establish standard curves for each parameter, which increased gradually throughout the test. In the case of blood lactate, no differences were found when comparing consecutive stages, but when compared to the values at rest (T0), significant variations were found in T2 ($P < 0.05$) and T3, T4 and T6 ($T < 0.001$.) When the rectal temperature was considered, differences were found between T0 and T3 ($P < 0.05$). Heart rate was the parameter in which the largest variations were determined, between T1 and T2 ($P < 0.05$), and T1, T4 and T6 when compared to the stage immediately before ($P < 0.01$). When compared to T0, all stages showed differences ($P < 0.001$). However, no correlation was found between the parameters evaluated in this test.

In this study it was possible to evaluate the physical fitness of police dogs using blood samples from the marginal ear vein and of a lactate portable measuring device. It was also found that the values recorded in animals previously familiarized with the treadmill were similar to those that were not.

This work provides data that can be used in training and testing of dogs that perform this kind of work, and can be the basis for further studies.

Keywords: Dog, exercise, physical fitness, exercise test.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE GERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	x
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO.....	1
INTRODUÇÃO	3
FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO EM CÃES	7
1. SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO	7
1.1 – Estrutura e função do tecido muscular	7
1.2 – Funcionamento do tecido muscular	9
1.3 - Os diferentes tipos de fibras musculares no cão.....	10
1.4 - Outros elementos do sistema músculo-esquelético.....	12
1.5 - Alterações decorrentes do exercício	13
2. SISTEMA RESPIRATÓRIO	15
2.1 – Estrutura e função do sistema respiratório.....	15
2.2 – Funcionamento do sistema respiratório	17
2.3 – Alterações decorrentes do exercício.....	18
3. SISTEMA CARDIOVASCULAR	20
3.1 – Estrutura e função do sistema cardiovascular.....	20
3.2 – Funcionamento e regulação do sistema cardiovascular	22
3.3 – Alterações decorrentes do exercício.....	23
4. METABOLISMO CELULAR	26
4.1 – Vias de obtenção de energia	26
4.1.1 – Glicólise	26
4.1.2 - Ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa.....	29

4.1.3	- Ciclo de Cori	30
4.2	- Metabolismo do lactato	31
4.3	- Alterações decorrentes do exercício	32
5.	HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA	34
5.1	- Alterações hematológicas decorrentes do exercício	35
5.2	- Alterações bioquímicas decorrentes do exercício	37
5.2.1	- Proteínas plasmáticas	37
5.2.2	- Enzimas musculares	39
5.2.3	- Hormonas circulantes	40
5.2.4	- Iões plasmáticos	42
5.2.5	- Equilíbrio ácido-base	43
6.	OUTROS FACTORES ENVOLVIDOS COM O EXERCÍCIO	44
6.1	- Alimentação	44
6.2	- Doenças associadas ao exercício	48
6.2.1	- Rabdomiólise	48
6.2.2	- Colapso induzido pelo exercício	49
6.2.3	- Úlceras gástricas	50
6.2.4	- Exaustão pelo calor	51
7.	TESTES DE CONDIÇÃO FÍSICA	52
7.1	- Aplicação dos testes de esforço e avaliação da condição física	52
7.2	- Os diferentes tipos de testes de esforço	55
7.2.1	- Testes de esforço em meio aberto	55
7.2.2	- Testes de esforço em meio laboratorial	56
7.3	- Parâmetros avaliados em testes de condição física	58
7.3.1	- $\text{VO}_{2\text{max}}$	58
7.3.2	- Frequência cardíaca	59
7.3.3	- Lactato sanguíneo	60
7.3.4	- Temperatura	64
7.3.5	- Economia de esforço	65
	ESTUDO	67
1.	OBJECTIVO	67
2.	MATERIAIS E MÉTODOS	68
2.1	- Caracterização da população em estudo	68
2.2	- Amostra	69

2.3 – Avaliação pré-teste	70
2.4 – Protocolo do teste de avaliação da condição física	71
2.5 – Equipamento e materiais utilizados.....	72
2.6 – Análise estatística	73
3. RESULTADOS.....	73
4. DISCUSSÃO.....	78
CONCLUSÃO	85
BIBLIOGRAFIA.....	86
ANEXOS.....	94
Anexo 1 – Fotografias de casos seguidos e procedimentos executados durante o estágio	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Binómios em patrulha.....	5
Figura 2 – Binómios de Manutenção da Ordem Pública.....	5
Figura 3 – Glicólise	27
Figura 4 – A redução de piruvato a lactato	28
Figura 5 – Glicólise, ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa	30
Figura 6 – O ciclo de Cori	31
Figura 7 – Um cão com colapso induzido pelo exercício	50
Figura 8 – Binómio de busca e salvamento.....	53
Figura 9 – Canídeo durante o teste de avaliação da condição física.	71
Figura 10 – Visualização da veia marginal da orelha.	72
Figura 11 – O aparelho portátil de medição de lactato, Accutrend Plus.	73
Figura 12 – Drenagem torácica de um felídeo.	94
Figura 13 – Ecografia renal de um canídeo com insuficiência renal crónica.....	94
Figura 14 – Radiografia de um canídeo com “mandíbula de borracha” devido a hiperparatiroidismo secundário a insuficiência renal crónica.	95
Figura 15 – Esplenectomia de um canídeo com volvo gástrico.	95
Figura 16 – Radiografia abdominal de um canídeo com fecaloma.	95
Figura 17 – Radiografia de um canídeo com fractura de tibia e fíbula.	96
Figura 18 – Canídeo com histiocitoma cutâneo disseminado.	96
Figura 19 – Tumor mamário numa cadela Rottweiler.	96
Figura 20 – Extirpação do tumor mamário.	97
Figura 21 – Radiografia de contraste num canídeo com megaesófago.	97
Figura 22 – Melanoma numa cadela Boxer.....	97
Figura 23 – Assistência ao parto de uma cadela Yorkshire Terrier.	98
Figura 24 – Cirurgia de correcção de volvo gástrico.	98
Figura 25 – Esplenectomia de um canídeo com tumor esplénico.	99

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de fibras no músculo esquelético canino.....	10
Tabela 2 - Valores hematológicos medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho	36
Tabela 3 - Valores de proteínas plasmáticas totais medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho.....	38
Tabela 4 – Valores de várias enzimas musculares medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho.....	40
Tabela 5 - Valores de vários iões plasmáticos medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho.....	43
Tabela 6 - Valores de frequência cardíaca medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho.....	60
Tabela 7 - Valores de lactato sanguíneo medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho.....	61

Tabela 8 – concentração de lactato sanguíneo \pm desvio padrão antes e imediatamente após exercício em 14 cães da raça Labrador Retriever.....	62
Tabela 9 - Valores de temperatura rectal medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho.....	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição de idades dos animais que compõem a Companhia de Intervenção Cinotécnica da GNR.	68
Gráfico 2 – Raças dos canídeos que compõem o efectivo da Companhia de Intervenção Cinotécnica da GNR.	69
Gráfico 3 – Distribuição de idades dos animais da amostra.....	69
Gráfico 4 – Distribuição das raças representadas na amostra.	70
Gráfico 5 – Variações médias do lactato sanguíneo obtidas durante o teste de avaliação da condição física.....	75
Gráfico 6 – Variações médias da frequência cardíaca obtidas durante o teste de avaliação da condição física.....	75
Gráfico 7 – Variações médias da temperatura rectal obtidas durante o teste de avaliação da condição física.....	76
Gráfico 8 - Variações médias do lactato sanguíneo obtidas durante o teste de avaliação da condição física.....	76
Gráfico 9 - Variações médias da frequência cardíaca obtidas durante o teste de avaliação da condição física.....	77
Gráfico 10 - Variações médias da temperatura rectal obtidas durante o teste de avaliação da condição física.....	77

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ADP – Adenosina difosfato
ALT - Alanina aminotransferase
AMPq – Adenosina monofostato cinase
AST - Aspartato aminotransferase
ATP – Adenosina trifosfato
ATPase – Adenosina trifosfatase
Bpm – Batimentos por minuto
 Ca^{2+} - Ião cálcio
CK - Creatinocinase
 Cl^- - Ião cloro
cm/s – Centímetro por segundo
CRP – Proteína C reactiva
cTnI – Troponina cardíaca I
DNM1 – Gene da proteína dinamina 1
FA - Fosfatase alcalina
GNR – Guarda Nacional Republicana
 H^+ - Ião hidrogénio
 K^+ - Ião potássio
LDH - Lactato desidrogenase
mmHg – Milímetro de Mercúrio
mmol/l – Milimol por litro
mtDNA – Ácido desoxirribonucleico de origem mitocondrial
NADH - Nicotinamida adenina dinucleotídeo
 Na^+ - Ião sódio
Pi – Fosfato inorgânico
SNP – Single-nucleotide polymorphism
 $\text{VO}_{2\text{max}}$ – Volume máximo de Oxigénio consumido
 μm - Micrómetro

ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO

O último ano de formação em Medicina Veterinária dá-nos oportunidade de conhecer e adquirir competências nas diferentes áreas em que um Médico Veterinário da Guarda Nacional Republicana é chamado a agir.

Assim, e ao longo do ano lectivo, temos a oportunidade de efectuar uma rotação pela Clínica de Canídeos do Exército, pelo Hospital Veterinário Militar de Equinos e pelo Laboratório de Bromatologia e Defesa Biológica. O estágio curricular, com a duração de 6 meses, decorreu na Clínica de Canídeos do Exército, no período compreendido entre os meses de Outubro de 2011 a Março de 2012.

No decurso deste estágio foi possível participar em diferentes actividades englobadas no campo da Medicina de Animais de Companhia, como consultas, Medicina Interna, Imagiologia, Cirurgia entre outros.

Enquanto entidade aberta à família militar, na Clínica de Canídeos do Exército foi possível a exposição a uma casuística variada, que comporta situações mais rotineiras desde a profilaxia sanitária a casos mais complexos e que envolvem um seguimento mais moroso. Foi igualmente possível assistir a diferentes abordagens e experiências da parte dos elementos que compõem o corpo clínico da Clínica.

Dentro da profilaxia, foram efectuadas visitas, vacinações e destartarizações aos efectivos cinotécnicos da Polícia do Exército e da Escola de Tropas Paraquedistas.

No campo da Imagiologia, foi possível ganhar rotina e prática ao nível da radiografia simples e com recurso a contraste, com recurso a um aparelho de revelação digital e respectivo *software* de manipulação de imagem e também ao nível da ecografia abdominal. Foi também possível assistir a exames ecocardiográficos e endoscopias.

Foi efectuado algum trabalho de âmbito laboratorial, tendo sido realizadas análises de rotina (hematológicas e bioquímicas, esfregaços sanguíneos e medulares) e outras práticas, tendo-se também auxiliado em exames necrópsicos.

No campo cirúrgico, foi possível acompanhar os vários passos que compõem o processo, desde o diagnóstico, passando pela preparação do paciente até ao acto cirúrgico em si, tanto como ajudante de cirurgião como de anestesista.

Foram vários os procedimentos cirúrgicos observados, desde os mais habituais como orquiectomias e ovariohisterectomias, a outros menos rotineiros como esplenectomias, exérese de massas cutâneas, mastectomias, sutura de pequenas lacerações, assistências a

animais atacados por outros animais e vítimas de atropelamento, correcções de torções de estômago e uma cesariana.

Dentro da Medicina Interna, foram seguidos vários casos que variaram entre diferentes campos. Dentro da endocrinologia foram diagnosticados e acompanhados casos de hiperadrenocorticism, diabetes mellitus e ainda um caso de hiperparatiroidismo secundário a insuficiência renal crónica.

Foram também acompanhados vários casos de dermatologia, como dermatofitoses ou demodectose e de gastroenterologia, como gastrites, colites, fecaloma, um caso de insuficiência do pâncreas exócrino e um outro de megaesófago. Noutros campos, foram observados casos de insuficiência renal aguda e crónica, patologias reprodutivas como pseudogestação e doenças prostáticas, diferentes tipos de neoplasia e doenças parasitárias, como leishmaniose, erlichiose e rickettsiose.

Foi possível também adquirir prática e assistir a diferentes procedimentos, que variavam dos mais frequentemente utilizados como administrações de fármacos, cateterizações e colheitas de sangue, a outros de menor frequência, como a punção aspirativa por agulha fina, drenagem torácica ou punção de medula.

INTRODUÇÃO

“Não creio, como veremos em breve, que todos os nossos cães tenham descendido de uma única espécie selvagem”. A questão sobre qual a origem da espécie *Canis familiaris* é antiga, e era já levantada por Charles Darwin, quando em 1859 foi publicado pela primeira vez o seu livro *On the Origin of Species*.

E esta é uma questão que, actualmente, é ainda colocada de forma pertinente quando nos deparamos com as mais de quatrocentas raças de cães que são reconhecidas internacionalmente por instituições como o American Kennel Club, nos Estados Unidos da América, a Société Central Canine, em França ou a Fédération Cynologique Internationale (Galibert, Quigon, Hitte & André, 2011).

A tentativa de encontrar uma resposta é tão antiga quanto a própria questão e, nesse sentido, foram conduzidos estudos de comparação de mtDNA, complexo de histocompatibilidade maior e outros marcadores moleculares como SNP (polimorfismo de nucleótido único, ou single-nucleotide polymorphism) e microsatélites (Honeycutt, 2010).

Se, por um lado, análises filogenéticas derivadas de marcadores moleculares parecem indicar que o cão doméstico deriva exclusivamente de um antepassado, o lobo (*Canis lupus*), permanece a questão se todas as linhagens de cães teriam origem num único grupo de lobos ou de vários (Honeycutt, 2010). Foi igualmente equacionada e testada a hipótese de o cão ter origem no chacal (*Canis latrans*) ou num outro antepassado desconhecido e já extinto, mas esta parece ter sido colocada de lado, já que um estudo indica que cão e lobo partilham cerca de 98% do seu mtDNA, o que contrasta com os 7,5% de diferença entre lobo e chacal (Galibert et al., 2011). Assim, estes resultados indiciam então que o cão doméstico terá tido origem em grupos diferentes de lobos, ao que se seguiram processos de hibridização entre cães e lobos (Honeycutt, 2010).

Existem também diferentes hipóteses quanto ao momento em que se iniciou a domesticação do cão por parte do Homem. Dados arqueológicos apontam que a domesticação terá ocorrido num período entre 13 000 a 17 000 anos atrás (Honeycutt, 2010). Ela pode ser definida como um longo processo, durante o qual o Homem, ao seleccionar animais para futuros cruzamentos, conseguiu modificar um número de traços fisiológicos e comportamentais, geração após geração (Galibert et al., 2011).

Crê-se que este processo terá tido origem no Médio Oriente e, a partir daí, se expandiu um pouco por todo o mundo, tendo sido encontrados indícios em locais como

Mezhirich, na Ucrânia, ou Danger Cove, no estado do Utah, nos Estados Unidos da América (Galibert et al., 2011).

Pode ainda ser apontado um outro fenómeno, a proto-domesticação, que segundo Galibert et al. (2011) terá ocorrido há cerca de 35 000 anos atrás. Segundo o mesmo autor, a proto-domesticação é o processo pelo qual animais selvagens se habituam progressivamente à presença humana. Este processo parece ter antecedido a domesticação no cão, quando os lobos se aproximavam de povoações humanas em busca de comida ou ainda quando os caçadores matavam uma mãe loba e mantinham as crias.

O processo de selecção artificial, numa fase inicial, parece ter sido inconsciente e conduzido de modo não sistemático. Gradualmente, deu lugar a uma criação sistemática e selectiva, que se baseava em características comportamentais, sendo escolhidos animais que preservassem traços comportamentais juvenis quando atingissem a maturidade (Trut, Plyusnina, & Oskina, 2003), bem como pela capacidade em centrarem a atenção no comportamento humano e que fossem sensíveis à linguagem corporal como o gesto de apontar (Stafford, 2006). Os cães têm ainda, independentemente da raça, uma grande ligação ao Homem e encaram-no como fonte de segurança (Stafford, 2006).

Com o tempo, o cão foi-se associando a diferentes actividades desenvolvidas pelo Homem, sendo estas registadas em desenhos em cavernas com mais de 5 000 anos, sendo representados numa multiplicidade de tarefas como cães de rebanho, de guarda ou a puxar cargas. Já no século XX, o cão estendeu a sua participação a diferentes teatros de guerra como na Segunda Guerra Mundial ou na Guerra do Vietname transportando mensagens ou puxando trenós, sendo actualmente utilizados em busca e salvamento, no combate ao tráfico de droga ou como cão patrulha (Fenton, 1992). Tal variedade de utilizações deriva de um conjunto de características particulares que o cão reúne e que o tornam numa mais-valia.

A título de exemplo, e por comparação com o Homem, um Pastor Alemão detém um oitavo do cérebro e 50% do nariz interno dedicado ao olfacto e, enquanto o primeiro tem cerca de cinco milhões de células olfactivas, o último tem uma média de duzentos e vinte milhões (Fenton, 1992).

O cão incorpora diferentes forças armadas e policiais de todo o mundo, como o Exército dos Estados Unidos, onde actua como cão patrulha, na protecção de áreas e bens ou

controlo de multidões (Exército dos Estados Unidos, 1993) ou a Guarda Nacional Republicana (GNR), em Portugal.

Na GNR, através do seu Grupo de Intervenção Cinotécnico, existem cerca de 300 binómios em trabalho, distribuídos por várias vertentes e, em muitas, esta Instituição foi pioneira em Portugal. Estas incluem valências tão variadas como o patrulhamento, a detecção de explosivos e armas, busca e salvamento e vários outros (Grupo de Intervenção Cinotécnico, 2011), como podemos observar Figura 1 e na Figura 2.



Figura 1 – Binómios em patrulha (fonte: Grupo de Intervenção Cinotécnico)



Figura 2 – Binómios de Manutenção da Ordem Pública (fonte: Grupo de Intervenção Cinotécnico).

Para levar a cabo este tipo de trabalho, os animais envolvidos devem ser confiantes, enérgicos e adaptáveis à maioria dos ambientes em que irão trabalhar. Devem ainda exibir instinto de caça (no caso da busca e salvamento) e ser capazes de trabalhar em terrenos acidentados mas sempre sob o controlo do tratador, através de comandos vocais ou sinais (Alexander, Friend & Haug, 2011).

O treino operacional engloba três vertentes principais, que visam proporcionar ao animal preparação física (conferindo-lhe velocidade e resistência), preparação mental (capacidade de concentração) e capacidades dentro da sua área específica (habilidade de concluir tarefas) (Cardoso, 2012).

Assim, o treino e preparação física dos animais são, como tal, uma componente de suma importância, assegurando a capacidade de resistência e trabalho em terrenos complicados conferindo simultaneamente confiança entre o tratador e o próprio animal e algum grau de garantia do sucesso da sua missão nas melhores condições possíveis e reduzindo ao máximo o risco de lesão. Este facto assume particular destaque em cães de polícia, já que a condição física destes constitui uma base essencial para a actividade efectiva que levam a cabo (Leschnik, Heidrich, Thalhammer & Littitz, 2007 e Cardoso, 2012).

Como tal, emerge a necessidade de deter meios e valores fiáveis que permitam verificar qual a condição física de um animal num dado instante, com vista a estabelecer planos de treino adequados à função específica a que o animal será sujeito, avaliar o treino actual e ainda ser um elemento de diagnóstico e prevenção de eventuais lesões ou problemas decorrentes da actividade levada a cabo.

Estes estudos foram já efectuados para alguns dos tipos de trabalho a que os cães são sujeitos, como cães de trenó (McKenzie et al., 2007), galgos de corrida (Holloway, Sundstrom & Senior, 1996) e em cães da raça Retriever do Labrador (Ferasin e Marcora, 2009), constituindo estes os principais grupos estudados.

Podem ainda ser encontrados estudos em cães submetidos a provas de agilidade (Rovira, Muñoz, & Benito, 2007b), como cães pastor (Hampson & McGowan, 2007) e, mais recentemente, em cães de polícia austríacos (Leschnik, Heidrich, Thalhammer, & Littitz, 2007). Continua a ser importante, no entanto, a determinação dos valores padrão face a todas as condições particulares a que cada grupo de animais está sujeito, para que se possam atingir os objectivos anteriormente citados.

FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO EM CÃES

A par com um conjunto de características comportamentais, os cães de trabalho precisam de reunir condições físicas para desempenhar a sua missão, seja ela qual for. Esta prerrogativa verifica-se desde o cão de rebanho, passando pelo cão de polícia ou o de busca de salvamento até aquele que participa em provas de agilidade ou resistência.

A actividade física coloca as exigências metabólicas acima da taxa basal e a adaptação com sucesso a uma actividade física rotineira é o resultado de mudanças a longo e curto prazo na fisiologia que permitem aumentar e realocar recursos fisiológicos limitados. Ao mesmo tempo, a incapacidade de adaptação às necessidades fisiológicas do exercício está associada não só com fadiga e insucesso, mas também com lesões específicas induzidas pelo exercício e doenças que podem comprometer o desempenho físico e, em última instância, a saúde e bem-estar do cão de trabalho (Helton, 2009).

A área da preparação física é, por isso, de grande relevo para o desempenho destes animais, pelo que importa dedicar-lhe uma particular atenção.

São, ainda, vários os sistemas e as vias metabólicas envolvidos no desenvolver do trabalho físico pelo que iremos, em seguida, abordá-los.

1. SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO

1.1 – Estrutura e função do tecido muscular

No organismo, existem três tipos distintos de tecido muscular: esquelético, cardíaco e liso. Estes estão presentes em diferentes proporções, sendo que o músculo esquelético constitui cerca de 40% do corpo, enquanto os músculos liso e cardíaco outros 10% (Cunningham, 2004). Destes, aqueles que detêm maior importância para o tema em estudo são os músculos esquelético e cardíaco, sendo que o músculo cardíaco será abordado mais à frente neste trabalho.

O tecido muscular esquelético é formado por feixes de células muito longas, cilíndricas, multinucleadas e contendo muitos filamentos, as miofibrilhas que têm um diâmetro variável, entre 10 a 100µm (Junqueira, 2004). Num estudo com cães de trenó, Gerth, Sum, Jackson e Starck (2009) registaram uma variação considerável entre o diâmetro das miofibrilhas face à altura do ano (Verão ou Inverno) e à quantidade de trabalho a

que estavam os animais sujeitos (em maior quantidade no Inverno do que no Verão). Os valores registados pelos autores variavam entre $42,84 \pm 8,98 \mu\text{m}$ (no Verão) e $57,02 \pm 5,35 \mu\text{m}$ (no Inverno).

As fibras musculares estão organizadas em grupos de feixes, estando esse conjunto envolvido por uma camada de tecido conjuntivo, a que se dá o nome de epimísio (Junqueira, 2004). Este tem a função de manter as fibras musculares unidas, o que permite que a força de contracção que é gerada por cada uma das fibras individuais actue sobre a totalidade do músculo considerado.

As fibras musculares são inervadas por fibras nervosas, podendo estas actuar sobre uma única fibra muscular ou então apresentar ramificações que lhe permitem comandar até 160 fibras musculares. O conjunto formado pela fibra nervosa e as fibras musculares por ela inervadas constitui uma unidade motora (Junqueira 2004). Quando mais refinado o movimento e maior a necessidade de precisão, menor será o número de fibras musculares inervada por cada fibra nervosa.

A acção de um músculo poderá ter efeitos diferentes quando considerarmos diferentes espécies. Por exemplo, o vasto lateral, um extensor do joelho, encurta o ângulo da articulação no cão, enquanto no rato aumenta o mesmo ângulo (Hoyt, Wickler, Biewener, Cogger & Paz, 2005)

O tecido muscular apresenta uma estriação transversal, quando observado ao microscópio óptico. Esta estriação é conferida pelos sarcómeros, unidades contrácteis básicas da fibra muscular (Cunningham, 2004). Na sua constituição estão envolvidas quatro tipos de proteínas principais: miosina, actina, tropomiosina e troponina. A miosina e a actina são as que estão presentes em maior quantidade, constituindo, em conjunto, cerca de 55% da totalidade das proteínas do músculo estriado (Junqueira, 2004). A actina contém múltiplas sequências de aminoácidos que se repetem e que apresentam locais de ligação para a cabeça do ligamento de miosina. Estes locais estão, no entanto, normalmente cobertos por pequenas moléculas de troponina (Helton, 2009). É através da interacção entre estas diferentes proteínas que é possível que se dê o mecanismo da contracção muscular, que abordaremos mais adiante.

Para além destes componentes, o músculo necessita de depósitos de compostos a partir dos quais pode obter energia, já que a função da célula muscular esquelética é a produção de trabalho mecânico intenso e descontínuo (Junqueira, 2004). Como tal, tem depósitos de ATP e fosfocreatina (que actua como reserva energética, moderando as alterações de ATP), grânulos de glicogénio no seu sarcoplasma e mioglobina, estando

esta particularmente presente nos músculos que executam actividade prolongada (Junqueira, 2004 e Hill, 1998).

O músculo é, talvez, o tecido corporal com uma maior variação na sua taxa metabólica, uma vez que o músculo em repouso dispende muito pouca energia enquanto um músculo em exercício máximo pode aumentar o seu metabolismo em 20 vezes ou mais (Helton, 2009).

1.2 – Funcionamento do tecido muscular

O trabalho muscular é o resultado directo do consumo de energia pelos filamentos proteicos dos músculos (Helton, 2009). Durante o mecanismo de contracção, os diferentes filamentos conservam os seus comprimentos originais (Junqueira, 2004) sendo a contracção causada pelo movimento de deslize entre os filamentos de actina e miosina (Yanagida, 2007).

A contracção inicia-se com a libertação de iões cálcio (Ca^{2+}) para o citoplasma muscular, também denominado sarcoplasma. Estes iões vão causar a rotação das moléculas de troponina, o que expõe os locais de ligação da actina (Helton, 2009).

Estando libertos os locais de ligação da molécula de actina, a cabeça de miosina pode então ligar-se a esses locais (Junqueira, 2004).

A realização e continuidade do processo de contracção são garantidas pelo movimento dos filamentos de actina pelos filamentos de miosina. A energia para esta interacção é fornecida pela hidrólise de uma molécula de ATP e a cabeça de miosina, para além do papel desempenhado pela sua enzima ATPase, aumenta simultaneamente a taxa da reacção de hidrólise e converte assim a energia química em trabalho (Nelson & Cox, 2004 e Marcucci & Truskinovsky, 2010). A ligação da molécula de ATP liga-se à ATPase durante a fase de relaxamento (Junqueira, 2004).

Uma única contracção muscular é o resultado de um grande número de ciclos de formação e quebra destas pontes entre os filamentos de actina e miosina, até que se alcance a totalidade de capacidade de contracção da fibra muscular, já que esta apenas se contrai na sua totalidade ou não se contrai (Junqueira, 2004).

A regulação da força de contracção de um músculo é conseguida através da variação no número de unidades motoras que são activadas (Cunningham, 2004). Todo o processo de contracção é coordenado pelo sistema nervoso, que pode aumentar a força de contracção de um dado músculo através de duas formas: variando o número de unidades motoras que promovem uma contracção simultânea (ao que se dá o nome de somação

espacial) ou através do aumento de frequência de contracção dentro de uma mesma unidade motora (somação temporal) (Cunningham, 2004).

O estado de tetania é atingido quando ocorre a contracção de toda a massa muscular sem que se verifique relaxamento. A não ocorrência do período de relaxamento impossibilita, como vimos, a ligação da molécula de ATP, fonte de energia de todo este processo. No músculo cardíaco, este processo seria fatal, já que é durante a fase de relaxamento do coração (diástole) que se dá o enchimento das cavidades cardíacas para que depois o sangue seja enviado para todo o organismo durante a contracção (sístole) (Cunningham, 2004).

1.3 - Os diferentes tipos de fibras musculares no cão

Um único músculo contém numerosas células individuais, potencialmente com diferentes capacidades metabólicas (Helton, 2009). As células do músculo esquelético distribuem-se por várias classes especializadas, que são o resultado da expressão coordenada de diferentes conjuntos de proteínas contrácteis e enzimas metabólicas. Como tal, os tipos de fibras diferem de acordo com as suas propriedades moleculares, estruturais, contracteis e metabólicas e podem, por isso, contribuir para uma variedade de capacidades funcionais (Acevedo & Rivero, 2006).

Existem diferentes critérios para a caracterização e denominação das fibras. No seu estudo de 1982, Snow et al. reuniram os dados de diferentes trabalhos que podem ser observados na Tabela 1, relativa aos diferentes tipos de fibras musculares no cão e demonstrativa da variedade de critérios e classificações utilizadas por diferentes autores:

Autor(es)	Potencial oxidativo das fibras encontradas	Tipo de fibra		
		I	IIA	IIB
Maxwell et al. (1977)	alto	CL	CR	
Gunn (1978)	alto	AB	AA	
Guy e Snow (1981)	baixo, alto	I	II	II
Trevino et al. (1973)	baixo, moderado, alto	V	I	B
Aquin e Bancho (1981)	baixo, moderado, alto	LO	ROG	RG
Braund et al. (1981)	moderado, alto	I	IIA	
Mascarello e Veggetti (1979)	moderado, alto	βV	αV	

Tabela 1 - Tipos de fibras no músculo esquelético canino (adaptado de Snow et al., 1982)

Legenda: CL - contracção lenta, resistente à fadiga; CR - contracção rápida, resistente à fadiga; AB - ATPase baixa; AA - ATPase alta; V - vermelha; I - intermédia; B - branca; LO - contracção lenta, oxidativa; ROG - contracção rápida, oxidativa, glicolítica; RG - rápida glicolítica; αV e βV - dois tipos de fibras vermelhas.

Um sistema largamente aceite baseia-se na combinação da reacção da ATPase miofibrilhar com as propriedades metabólicas (Snow, 1982). Teríamos assim fibras do tipo I e do tipo II, dividindo-se as segundas nos tipos IIA, IIB e IIX (Toniolo et al., 2007 e Helton, 2009).

A miosina do tipo I tem uma forte tendência para a sua configuração contraída e, como tal, confere grande força de contracção por filamento. No entanto, é lenta a converter-se na forma estendida, forma em que fixa o ATP, pelo que não consegue repetir o ciclo rapidamente. Como tal, as fibras do tipo I são denominadas como fibras de contracção lenta (Snow, 1982, Junqueira, 2004 e Helton, 2009).

Na maioria das espécies, as fibras do tipo II são o oposto das fibras do tipo I. Não produzem tanta força de contracção mas conseguem repetir o ciclo rapidamente através de um conjunto de alterações conformacionais, sendo por isso denominadas fibras de contracção rápida. No entanto, nos cães, as fibras do tipo IIA e IIB são capazes de gerar maior força que as fibras do tipo I, mantendo a sua capacidade de repetir o ciclo rapidamente (Helton, 2009).

Como padrão geral, as fibras do tipo I contêm grande número de mitocôndrias e, consequentemente, apresentam uma capacidade relativamente maior de metabolizar completamente substratos macromoleculares em energia e metabolitos terminais sendo, por isso, conhecidas como oxidativas e resistentes à fadiga (Helton, 2009).

As fibras do tipo IIB têm, por contraste, um número menor de mitocôndrias mas grandes quantidades de glicogénio, permitindo uma produção de energia muito rápida mas de pouca duração mesmo na ausência de oxigénio. Por esta razão, as fibras do tipo II são conhecidas como glicolíticas e mais susceptíveis a fadiga (Helton, 2009).

O cão possui, no entanto, uma característica metabólica única, que é o facto de todas as células de contracção lenta deterem uma capacidade oxidativa moderada a alta (Acevedo & Rivero, 2006). Por comparação com as suas equivalentes humanas e de outros mamíferos, as células musculares caninas possuem uma capacidade aeróbica relativamente alta, facto particularmente visível nas fibras IIX (Acevedo & Rivero, 2006).

Segundo Helton (2009), a fibra ideal seria a do tipo IIA, já que possui a capacidade de contracção rápida juntamente com alta capacidade oxidativa, o que lhe confere as características mais robustas.

Os diferentes tipos de fibras musculares reúnem também diferentes tipos de aporte sanguíneo. Segundo Acevedo e Rivero (2006), fibras do tipo I são irrigadas por um

menor número de capilares que as fibras IIA, mas maior quando comparadas com as IIX. Segundo o mesmo estudo, as fibras do tipo I e IIA têm menor dimensão que as fibras do tipo IIX. Tais características constituem pontos relevantes para o maior metabolismo oxidativo e uma activação mais frequente destas unidades motoras. Para além disso, fibras mais pequenas proporcionam uma vantagem no que concerne à difusão do oxigénio e de nutrientes para o metabolismo oxidativo.

A presença dos diferentes tipos de fibras e sua percentagem relativa na constituição de cada músculo derivará da função que esse músculo desempenha. Vejam-se dois exemplos. O músculo retractor do bulbo ocular efectua a retracção do olho para dentro da órbita enquanto medida protectora, o que exige respostas rápidas mas uma pequena capacidade de resistência à fadiga, já que é pouco provável que vá actuar várias vezes num curto período. É, por isso, constituído quase exclusivamente por fibras do tipo IIB e IIX. Já o diafragma, que executa uma acção contínua e que não pode ser afectado pela fadiga já que executa uma acção vital, é quase exclusivamente composto por fibras do tipo I e IIA (Toniolo et al., 2007 e Helton, 2009).

As fibras IIA aparentam ser aquelas que se encontram, de longe, em maior quantidade nos membros e tronco dos cães. Estas células estão, como referido anteriormente, associadas a um metabolismo aeróbio oxidativo e o trabalho muscular dos cães assenta numa grande produção de ATP por parte das mitocôndrias, uma característica metabólica que contribui para a grande resistência à fadiga num exercício de longa duração (Toniolo et al., 2007).

No seu estudo de 2006, Acevedo e Rivero referem ainda a presença de fibras híbridas, que constituiriam cerca de um terço das amostras estudadas, sendo distinguidas com base na sua cadeia de miosina. Estas fibras reuniriam características intermédias àquelas que detêm as fibras puras.

1.4 - Outros elementos do sistema músculo-esquelético

Embora o tecido muscular seja aquele que se encontra em maior quantidade no sistema músculo-esquelético, constituindo até uma parte bastante significativa do corpo do animal, nele existem outros elementos que contribuem para a realização do trabalho muscular como os ossos, as articulações, os tendões e os ligamentos.

O tecido cartilágneo, de modo geral, desempenha funções de suporte de tecidos moles, garante o revestimento de superfícies articulares, onde absorve choques e facilita também o deslizamento dos ossos nessas mesmas superfícies (Junqueira, 2004).

Os elementos elásticos dos músculos (tendões e aponevroses), para além de efectuarem a ligação dos músculos aos ossos e optimizarem o arranjo das fascíolas dentro dos músculos, têm duas importantes funções: armazenar energia mecânica e amortecimento mecânico (Hoyt et al., 2005).

O tecido ósseo é o principal constituinte do esqueleto e proporciona apoio aos músculos esqueléticos. Através desta interacção, transforma as contracções musculares em movimentos úteis e funciona igualmente como um sistema de alavancas que amplia as forças geradas durante a contracção muscular (Junqueira, 2004).

As adaptações destes tecidos ao exercício e ao stress por ele provocado parece ser uma consequência óbvia. No entanto, enquanto noutras espécies como o Homem, o esforço sobre os ossos, tendões e ligamentos nas pernas resulta em remodelação destes tecidos de modo a formar estruturas mais fortes e capazes de sustentar maiores esforços sem lesões, não existem evidências directas que comprovem a ocorrência destas mudanças no cão, embora seja razoável supor a sua ocorrência.

A mais importante consideração é que, por comparação com o sistema cardiovascular ou com os músculos, as adaptações do sistema esquelético requerem esforços mais curtos mas um intervalo de tempo maior para se remodelarem. Um tecido como o ósseo, metabolicamente mais lento, leva um período que pode variar entre 2 a 4 meses a fazê-lo, enquanto os sistemas cardiovascular e muscular necessitam de 4 a 6 semanas (Helton, 2009).

1.5 - Alterações decorrentes do exercício

Um princípio crítico do treino físico, independentemente da espécie ou disciplina consideradas, é que o condicionamento é específico para a actividade (Helton, 2009).

Importa distinguir condicionamento, do ponto de vista físico, de treino. O condicionamento pode ser definido como a adaptação fisiológica ao aumento da actividade física ou a actividade que produz tais adaptações. Já o treino é o processo mental de aprender uma determinada actividade, comportamento ou resposta (Helton, 2009).

O organismo procura ser o mais eficiente possível no uso de energia e nutrientes. Como as alterações fisiológicas que o exercício impõe necessitarão de ambos, o organismo não aumentará as suas capacidades a menos que tal seja realmente necessário. Por outras

palavras, é necessário um certo nível de esforço e stress metabólico e físico para estimular o condicionamento físico (Helton, 2009).

A actividade física e a alimentação são os maiores determinantes conhecidos no tamanho e forma dos músculos esqueléticos, que por sua vez mudam rápida e reversivelmente (Gerth et al., 2009). Um tecido que não seja devidamente estimulado, não se irá adaptar. Assim, se a actividade física levada a cabo não mimetizar o mais possível a actividade desejada, um ou mais dos tecidos nela envolvidos não se irão adaptar e funcionarão como agentes limitantes no desempenho dessa actividade (Helton, 2009).

As adaptações primárias do tecido muscular passam pela síntese de estruturas moleculares adicionais que convertem a energia contida nas macromoléculas em ATP. Gerth et al. (2009), registaram um aumento do número de mitocôndrias nas margens das fibras musculares junto dos capilares e de gotículas de lípidos no espaço intermiofibrilhar em animais sujeitos a trabalho físico quando comparado com o período em que não o eram.

O conjunto de sinais que desencadeiam esta transformação não é totalmente evidente, mas a enzima adenosina monofostato cinase (AMPq) parece estar envolvida (Helton, 2009). Para além de adaptações a curto prazo, que melhoram a disponibilidade de substrato, esta enzima parece estar envolvida na activação de genes que codificam diversas outras enzimas, que actuam como transportadores ou como suporte para a conversão de glucose e ácidos gordos em energia. Colectivamente, isto resulta numa maior percentagem de músculo com alta capacidade oxidativa (Helton, 2009). Esta é, como vimos anteriormente, logo à partida, uma característica das fibras musculares do cão, o que o torna particularmente adaptado para o exercício de longa duração. Os cães de trenó são conhecidos por terem a mais alta taxa metabólica de qualquer mamífero medido até ao momento (Gerth et al., 2009).

O condicionamento aeróbico pode causar alterações no tipo de fibras presentes nos músculos, com uma alteração de fibras de contracção lenta e baixo potencial oxidativo (tipo IIX e IIB) para fibras de contracção rápida e de alto potencial oxidativo (IIA). Enquanto noutras espécies o exercício aeróbio prolongado pode também causar um aumento de fibras do tipo I, isto não foi demonstrado de forma conclusiva no cão (Helton, 2009).

Para além disso, os miofilamentos dispõem-se de forma mais densa dentro do sarcómero e de forma paralela. Este facto foi registado pelo estudo de Gerth et al.

(2009), especialmente nos animais que cumprem a função de cães de trenó quando comparados com outros que são mantidos por motivos culturais. Enquanto os primeiros registam este alinhamento em todas as amostras colhidas durante o período de maior actividade, os segundos registavam um alinhamento em 93% das amostras. Este dado contrasta com as amostras obtidas durante o período de maior inactividade, em que as fibras se encontravam desorganizadas e menos densas.

O aumento da massa muscular parece ser devido à hipertrofia das fibras musculares pré-existent. Importa ainda referir que um aumento da massa muscular pode ser independente e, provavelmente menos importante, de alterações na disponibilidade de substrato e seu transporte, e ainda do aumento da capacidade oxidativa quando se considera o desempenho no exercício (Helton, 2009). Quando os animais se encontram num período de inactividade, o principal determinante para alterações na massa muscular parece ser a qualidade e quantidade da alimentação (Gerth et al., 2009).

Gerth et al. (2009), registaram um aumento significativo na grossura de massas musculares em cães de trenó que ainda serviam essa função, quando comparavam os mesmos animais num período de inactividade (Verão) e um período de actividade intensa (Inverno). Verificaram um aumento de 19% nos músculos do ombro, 44% nos músculos anteriores da coxa e 39% nos músculos posteriores da coxa.

O exercício conduz à formação de radicais livres de oxigénio e induzem danos nos sarcómeros e na membrana celular. O exercício de alta intensidade conduz a stress oxidativo, através do aumento da produção desses radicais livres pelas fibras musculares ou alterando as defesas anti-oxidantes embora o exercício crónico pareça melhorar as capacidades antioxidantes das fibras musculares (Barreiro, Gáldiz, Mariñán, Hussain & Gea, 2006).

2. SISTEMA RESPIRATÓRIO

2.1 – Estrutura e função do sistema respiratório

A principal função do sistema respiratório é o transporte de oxigénio e dióxido de carbono entre o meio ambiente e os tecidos, fornecendo assim oxigénio para manter o metabolismo e removendo o dióxido de carbono que dele resulta. Desempenha ainda um papel verdadeiramente primordial na termorregulação, no metabolismo e excreção

de diversas substâncias, tanto endógenas como exógenas, e ainda na protecção contra poeiras e agentes infecciosos inalados (Cunningham, 2004).

As vias aéreas superiores têm como função humedecer e aquecer o ar. As condições ambientais influenciam fortemente a capacidades destas para desenvolver a sua missão. A título de exemplo, cães de trenó estão sujeitos a exercício de elevada intensidade, em condições extremas de temperatura e humidade relativa, o que pode colocá-los numa situação em que a capacidade de regulação das vias aéreas é ultrapassada (Davis, et al., 2005a).

Nos pulmões têm lugar as trocas gasosas entre o ar e o sangue, sendo que a troca gasosa ideal requer que o ar e o sangue cheguem juntos ao alvéolo, ocorrendo assim um equilíbrio entre a ventilação e o fluxo sanguíneo. Os cães apresentam a particularidade de terem pulmões pouco septados, o que possibilita uma extensa ventilação colateral, o que pode ser uma mais-valia importante quando surgem problemas que gerem obstruções das vias aéreas (Cunningham, 2004).

O sistema respiratório é a fonte primordial de dissipação do calor nos cães, o que por si só é suficiente para que detenha uma importância significativa no cão atleta, mas mais ainda já que à capacidade limitada de eliminar calor há que somar uma extraordinária capacidade da parte destes animais para gerar calor (aproximadamente 12000 quilocalorias em cães de trenó por dia) (Davis et al., 2005a). Cerca de 60% do excesso de calor metabólico tem de ser eliminado através da respiração (por condução e evaporação) enquanto são mantidos simultaneamente níveis de ventilação alveolar adequados, de modo a manter o exercício anaeróbio (Davis et al., 2002).

As espécies com elevada capacidade aeróbia, como é o caso do cão, apresentam consumo de oxigénio por unidade de massa mais elevado quando comparadas com outras espécies com capacidades mais reduzidas, detendo por isso uma densidade mitocondrial mais elevada. No entanto, para que o potencial máximo seja atingido, é essencial que o sistema respiratório tenha a capacidade de suprir essas mesmas necessidades (Cunningham, 2004).

Assim, o aporte de quantidades adequadas de oxigénio é importante, não só de modo a suprir as necessidades elementares do organismo, mas também para potenciar um desempenho óptimo. O oxigénio tem um efeito estimulante sobre a actividade de diferentes tecidos, tendo sido registado em humanos que, após a administração de oxigénio em concentrações elevadas (30%), há uma activação da produção de energia e potenciação da activação neural no cérebro durante uma actividade cognitiva. A esta

mesma concentração de oxigénio, quando comparada com uma concentração de 21%, verificou-se uma diminuição da frequência cardíaca (Chung et al., 2007), demonstrando que, para um igual nível trabalho produzido, uma maior concentração de oxigénio permite que este seja desempenhado com o dispêndio de menor esforço pelo organismo.

2.2 – Funcionamento do sistema respiratório

Na maioria dos animais em repouso, a inspiração é um processo activo, já que resulta de um trabalho efectuado por parte dos músculos respiratórios, enquanto a expiração é um processo passivo, sendo a maior parte da energia necessária para este processo obtida a partir da energia elástica acumulada pelos músculos durante a inspiração (Cunningham, 2004).

Existe uma coordenação entre vários grupos de músculos, que maximizam as capacidades do sistema respiratório e concorrem com o diafragma para um trabalho coordenado e que explore a totalidade das suas potencialidades. Neste processo, os músculos abdominais são responsáveis pela totalidade da diminuição do volume pulmonar no fim da expiração e os músculos da caixa torácica são responsáveis pelo aumento do volume pulmonar no fim da inspiração, sendo a acção conjunta destes músculos convertida em força (Romagnoli et al., 2004).

Durante a expiração, os músculos abdominais provocam uma diminuição do volume abdominal, o que distende de modo passivo o diafragma, melhorando a sua configuração pré-inspiratória e produção de pressão (Romagnoli et al., 2004).

Têm também um papel na diminuição da pressão exercida sobre o diafragma, permitindo uma maior potência deste, o que se expressa num aumento do volume mobilizado, sendo recrutados progressivamente com o aumento das necessidades ventilatórias (Romagnoli et al., 2004 e Romer & Polkey, 2008).

Com a necessidade de aumentar a ventilação, ocorre uma diminuição do volume pulmonar no fim da expiração, o que provoca um alongamento do diafragma. Isto permite que este músculo trabalhe com o comprimento óptimo para gerar força, enquanto ocorre também o acumular de energia elástica nas paredes torácica e abdominal, que pode ser uma fonte parcial da energia necessária para a próxima inspiração (Romer & Polkey, 2008).

Representando um dos elementos essenciais no fornecimento de oxigénio ao organismo, como foi anteriormente referido, o sistema respiratório encontra-se interligado com

outros sistemas de modo a garantir esse devido aporte, nomeadamente o sistema circulatório. Por exemplo, o baço sofre uma contracção durante o exercício, o que permite aumentar o hematócrito, o volume de sangue e a capacidade de transportar oxigénio 1,3 a 1,5 vezes (Dane et al., 2006).

O sistema de controlo respiratório tem como função primária, particularmente durante o exercício, de conduzir a uma ventilação alveolar que seja proporcional às necessidades metabólicas, de modo a que a tensão gás-sangue arterial seja mantida e o equilíbrio ácido-base se mantenha perto de valores em repouso (Romer & Polkey, 2008).

A título de exemplo, durante o exercício verifica-se uma hiperventilação compensatória de modo a minimizar a diminuição do pH arterial e prevenir uma hipoxemia arterial. Em indivíduos saudáveis, estas necessidades de ajustamento da ventilação têm uma resposta imediata, já que os músculos respiratórios estão anatomicamente adaptados ao aumento das exigências respiratórias devido ao exercício, e a regulação neural da respiração se encontra optimizada para essa resposta (Romer & Polkey, 2008).

Com a idade, o funcionamento do sistema respiratório vai sendo afectado, ocorrendo um conjunto de processos como fibrose idiopática, resultando em alterações da respiração e intolerância ao exercício (Webb & Armstrong, 2002).

2.3 – Alterações decorrentes do exercício

Com o exercício, ocorrem um conjunto de adaptações, que podem ser a curto ou a longo prazo. O diafragma, enquanto principal músculo respiratório, muda a sua forma de contracção, passando de contracções com maior força para contracções mais rápidas. Durante o exercício ocorre uma diminuição do volume pulmonar no fim da respiração, que pode ser associada com um aumento da eficiência mecânica (Romagnoli et al., 2004).

A respiração adapta-se também ao tipo de exercício, estando descrito que durante um exercício de natação, os cães, por vezes, não entram em hiperventilação, possivelmente numa tentativa de tentar evitar a ingestão de água. Consequentemente, desenvolvem acidose metabólica (Hiusman, 1982).

Em humanos, está demonstrado que em andamento e durante um exercício de ciclismo, os músculos da caixa torácica e abdominais assistem, de forma coordenada, o diafragma, mesmo em níveis de trabalho reduzidos. De modo particular, os músculos

abdominais permitem que o diafragma contraia de forma isotónica o que previne a deformação da caixa torácica (Romagnoli et al., 2004).

A fadiga dos músculos respiratórios durante o exercício, que têm de competir com os músculos em trabalho pelo suprimento sanguíneo, pode ser um factor que limita a tolerância ao exercício e o desempenho, conduzindo a uma resposta ventilatória inadequada, nomeadamente através de alterações nos mecanismos de respiração, o aumento da sensação de dispneia, ou uma combinação destes factores (Romer & Polkey, 2008).

Como foi referido, as condições ambientais influenciam também o desempenho do sistema respiratório. Quando as vias aéreas estão expostas a um ar que não foi devidamente aquecido e humedecido, ocorrem danos na mucosa, desencadeando reacção inflamatória, perda de calor e de água. A recuperação deste processo inflamatório pode decorrer em períodos superiores a quatro meses (Davis et al., 2005a).

Quando a temperatura ambiente é baixa, foi demonstrado que ocorre inflamação das vias aéreas o que, quando ocorre repetidamente, pode predispor os animais a doenças das vias aéreas semelhantes a asma. Verifica-se obstrução persistente das vias aéreas, broncodilatação e remodelação da mucosa respiratória e da lâmina própria, juntamente com perda de água, o que resulta em arrefecimento da mucosa e possível dessecação (Davis et al., 2002). Os cães de trenó são particularmente atreitos a esta doença devido às condições em que correm.

O exercício coloca um esforço acrescido sobre o sistema respiratório, o que implica uma maximização das suas potencialidades de modo a suprir eficazmente as necessidades do organismo durante o esforço, como foi já referido. Em humanos, verificou-se que os músculos abdominais contribuem para uma diminuição do volume pulmonar no fim da expiração sem alterações significativas nos músculos da arcada costal, que os músculos abdominais e da parede costal contribuem para o esforço da respiração desde os níveis mais baixos de esforço e que a acção coordenada destes músculos diminui a pressão sobre o diafragma (Romagnoli et al., 2004).

Níveis respiratórios de magnitude semelhante à atingida em programas de treino e durante o exercício são semelhantes ao esforço provocado por algumas doenças respiratórias, como a doença pulmonar obstrutiva crónica que induz danos nos sarcómeros e na membrana celular e, de modo particular, leva à produção de radicais de oxigénio no diafragma (Barreiro et al., 2006).

A exposição moderada dos músculos a radicais de oxigénio aumenta a capacidade destes para gerar força, enquanto a produção excessiva destes radicais, como acontece perante uma respiração restritiva, diminui significativamente a quantidade de força produzida pelo músculo, o que contribui para a disfunção muscular e consequente falência da parte do sistema respiratório (Barreiro et al., 2006).

O exercício de alta intensidade conduz a stress oxidativo, através do aumento da produção desses radicais livres de oxigénio pelas fibras musculares ou alterando as defesas anti-oxidantes. O exercício crónico parece melhorar as capacidades antioxidantes das fibras musculares mas o diafragma aparenta dispor de uma maior predisposição que os restantes músculos para formar estes radicais (Barreiro et al., 2006).

Os cães, quando comparados com atletas humanos, têm uma maior capacidade de adaptação a condições adversas, como elevadas altitudes ou até a remoção cirúrgica de um dos lobos pulmonares, fazendo-o através de mecanismos compensatórios, nomeadamente por parte do baço. O baço confere um suporte importante ao sistema respiratório, como foi referido, aumentando a capacidade de transporte de oxigénio, através da libertação de glóbulos vermelhos para a corrente sanguínea, o que resulta num aumento do hematócrito e do volume circulante. Em animais esplenectomizados, verificou-se uma diminuição de cerca de 25 a 30% no aporte máximo de oxigénio, diminuição da capacidade de difusão dos pulmões e membranas, ocorrendo uma diminuição da capacidade de mobilização da microvasculatura alveolar (Dane et al., 2006).

Com o aumento do hematócrito e, consequentemente, do número de eritrócitos nos capilares pulmonares, a superfície de contacto entre as membranas do endotélio e dos eritrócitos aumenta, o que contribui para elevações do fluxo de dióxido de carbono e oxigénio. Este fenómeno ocorre também no músculo em trabalho (Dane et al., 2006).

3. SISTEMA CARDIOVASCULAR

3.1 – Estrutura e função do sistema cardiovascular

O coração e os vasos são responsáveis por manter a pressão arterial sistémica, a perfusão dos tecidos e a pressão venosa e dos capilares (Boddy, Roche & Schwartz,

2004). No entanto, aquela que pode ser apontada como sendo a função primária do sistema cardiovascular pode resumir-se numa palavra: transporte. A corrente sanguínea transporta numerosas substâncias que são essenciais como o oxigénio e todos os nutrientes necessários a cada célula do organismo. O sangue também remove o dióxido de carbono e outros produtos resultantes do metabolismo celular e transporta-os para os órgãos onde serão excretados (Cunningham, 2004).

Num animal em repouso, o sangue distribui-se de modo desigual pela circulação sistémica e central, encontrando-se cerca de 25% do seu volume na circulação central e cerca de 75% na circulação sistémica. Deste volume, a maior parte encontra-se nas veias, que são por isso conhecidas como reservatórios de sangue. Somente 20% do sangue sistémico é encontrado nos restantes tipos de vasos (Cunningham, 2004).

As artérias são vasos de alta pressão, transportando o sangue até aos capilares, enquanto as arteríolas funcionam como reguladores do fluxo sanguíneo para cada leito capilar. Embora somente uma pequena fracção do sangue sistémico seja encontrado nos capilares, esta fracção é grande importância, já que é aqui que ocorrem as importantes trocas por difusão entre o sangue e o líquido intersticial (Junqueira, 2004 e Cunningham, 2004). É esta a rede que dita a capacidade metabólica do tecido muscular, estando por isso optimizada para responder às exigências metabólicas do músculo e ajustando-se perante estimulação eléctrica crónica ou o exercício (Gerth et al., 2009).

O motor que move todo este sistema é o coração. Na sua constituição entra um conjunto de fibras musculares com características que as distinguem das do músculo esquelético. São fibras com estriação transversal semelhante à do músculo esqueléticos mas, ao contrário deste, as fibras cardíacas apresentam apenas um ou dois núcleos que detêm uma posição mais central (Junqueira, 2004).

No interface entre as células encontram-se os discos intercalares, que dispõem de comunicações entre células responsáveis pela passagem de iões entre células vizinhas. Tal proporciona que cadeias de células se comportem como um sincício, já que o sinal de contracção passa de uma célula para outra como uma onda (Junqueira, 2004).

O coração possui um sistema próprio para gerar um estímulo rítmico e disseminá-lo pelo coração. Possui um conjunto de nódulos, sendo o principal o sinoatrial, que gera o impulso e funciona como *pacemaker* do coração (Junqueira, 2004). Esse estímulo é posteriormente transmitido às restantes células cardíacas através do sistema de condução especializado, constituído pelo feixe de His, os seus ramos e fibras de Purkinge (Roque, 2009).

3.2 – Funcionamento e regulação do sistema cardiovascular

O mecanismo de contracção do músculo cardíaco é muito semelhante ao do músculo esquelético, tendo a particularidade de, como anteriormente referido, funcionar como um sincício (Cunningham, 2004).

A frequência com que o coração contrai está dependente de dois mecanismos de regulação, um extrínseco e outro intrínseco. O sistema intrínseco depende da actividade eléctrica proveniente do nódulo sinoatrial, sem interferências nervosas. O sistema extrínseco consiste numa ligação entre o coração e sistema nervoso simpático e parassimpático (Roque, 2009), apresentando o coração uma profusa cobertura de células nervosas (Duncker & Merkus, 2005).

São os nervos do sistema nervoso simpático e parassimpático que, ao actuar sobre as células *pacemaker*, aumentam ou diminuem a frequência cardíaca. As fibras nervosas simpáticas inervam todas as fibras musculares e tendem a promover contracções mais rápidas e vigorosas (Cunningham, 2004), o que também causa um aumento do fluxo sanguíneo através dos vasos coronários, visando suprir o aumento das necessidades de contracção do músculo cardíaco (Roque, 2009). Estas fibras têm uma influência mínima no indivíduo em repouso (Duncker & Merkus, 2005).

No desencadear e durante um exercício submáximo, as variações da frequência cardíaca parecem reflectir uma diminuição da modelação vagal e um aumento da influência do sistema nervoso simpático, em indivíduos humanos saudáveis (Leicht, Sinclair & Spinks, 2007).

A acção do sistema nervoso simpático durante o exercício engloba um conjunto de acções como a antecipação do esforço, *feedback* a partir dos mecano-receptores musculares e regulação dos diferentes baroreceptores sistémicos. A hipóxia que se instala em alguns tecidos tem uma capacidade potenciadora do sistema nervoso simpático através da estimulação dos quimiorreceptores (Stickland, Smith, Soriano, & Dempsey, 2009).

Já as fibras nervosas do sistema parassimpático têm um efeito oposto estando, no entanto, restritos ao nódulo sinoatrial e aos átrios (Cunningham, 2004). Assim, a sua actuação causa uma diminuição da frequência cardíaca, da força de contracção da condução dos impulsos através do nódulo atrioventricular (Roque, 2009).

A activação do sistema simpático pode ser o factor responsável pelos valores anormalmente elevados de frequência cardíaca que frequentemente se registam ao iniciar uma prova de esforço (Ready & Morgan, 1984).

O tipo de exercício a que um indivíduo é submetido pode ter efeitos diferentes sobre a estimulação do miocárdio. A título de exemplo, em humanos está registado que exercícios dos membros superiores podem provocar maior instabilidade eléctrica no miocárdio e ser prejudiciais em pacientes com doenças cardíacas quando comparados com exercícios com os membros inferiores. Exercícios que envolvem os membros superiores em humanos parecem apresentar uma maior modelação vagal, embora este fenómeno careça de maior pesquisa. Alterações na respiração, particularmente na frequência respiratória, tem sido apontadas como outro parâmetro que influencia a variabilidade da frequência cardíaca (Leicht et al., 2007).

A recuperação da frequência cardíaca no período que segue o exercício reflecte o controlo do sistema nervoso autónomo sobre o coração. Uma recuperação deficitária pode reflectir um desequilíbrio autonómico, o que pode aumentar o risco de ocorrência de eventos cardiovasculares (Chen et al., 2011).

Existe ainda um conjunto de outros factores envolvidos na regulação cardíaca, alguns produzidos pelo endotélio vascular como o óxido nítrico, prostaglandinas e endotelinas, e outros de origem metabólica, como a adenosina ou as proteínas que compõem os canais de K^+ /ATP, entre outros. Estes parecem interagir de forma não linear no coração, permitindo uma regulação mais fina deste, embora nenhum aparente ser determinante, já que a inibição de um deles desencadeia uma compensação por parte dos restantes factores (Duncker & Merkus, 2005).

3.3 – Alterações decorrentes do exercício

As adaptações cardiovasculares são as adaptações mais proeminentes que resultam do treino físico e que, na sua generalidade, contribuem para aumentar a capacidade de trabalho. Estas podem agrupar-se em três categorias: do coração, dos capilares e do volume sanguíneo (Helton, 2009).

Ao nível do coração ocorre hipertrofia ou aumento das dimensões cardíacas, adaptações das artérias coronárias e também bradicardia sinusal em repouso (Garza, 1997, White, Bloor, McKirnan & Carroll, 1998 e Helton, 2009). Verifica-se não só um aumento das dimensões das fibras cardíacas mas também as câmaras adquirem maior dimensão. O combinar destas duas alterações resulta numa maior capacidade de bombear sangue, um aumento do volume de ejeção e uma menor frequência cardíaca em repouso (Helton, 2009 e Rovira, Muñoz, Riber & Benito, 2010).

O tipo de trabalho a que o animal é submetido condicionará o tipo de adaptações verificadas. Como exemplo, cães submetidos a um trabalho de agilidade parecem sofrer um certo nível de hipertrofia cardíaca quando comparados com um animal não sujeito a treino físico. No entanto, essa hipertrofia ocorre em menor grau, tanto ao nível das dimensões das cavidades cardíacas como da massa muscular que aquela que foi verificada em cães de trenó ou galgos (Rovira et al., 2010).

O aumento do trabalho por parte do miocárdio vai motivar, necessariamente, adaptações dos seus mecanismos de nutrição, tendo a circulação coronária que se adaptar a um maior consumo de oxigénio pelo miocárdio (Restorff, Hofling, Holtz & Bassenge, 1975).

O coração depende, em grande medida, do metabolismo aeróbio para desempenhar a sua função, uma vez que o valor máximo da concentração de ATP que consegue gerar a partir da glicólise ronda os 7% das necessidades, o que faz com que este tenha um consumo de oxigénio que pode ser até vinte vezes maior que o músculo esquelético (Duncker & Merkus, 2005).

A angiogénese é um fenómeno que não ocorre normalmente no coração do animal adulto. No entanto, a síntese vascular e a remodelação ocorrem em situações particulares como a isquémia ou o aumento de pressão derivado da hipertrofia cardíaca (White et al., 1998). Uma vez que a angiogénese tem uma capacidade limitada de suprir as necessidades cardíacas durante o exercício, estas são satisfeitas principalmente por um aumento do fluxo sanguíneo ao nível das artérias coronárias (Duncker & Merkus, 2005).

A longo prazo, e de modo particular em animais submetidos a trabalho de resistência, pode desenvolver-se o síndrome do coração atlético, que se caracteriza pela presença de bradicardia, arritmia, hipertrofia do músculo cardíaco e sopros sistólicos. Embora este seja atribuído à resposta fisiológica ao trabalho físico, factores genéticos, respostas hormonais e factores ambientais podem também desempenhar um papel importante no desenvolvimento ou não deste síndrome (Garza, 1997).

O aumento do volume sanguíneo em resposta ao exercício pode ser provocado pela retenção de fluidos por parte dos rins através da retenção de sódio, sendo esta acção condicionada pela libertação de aldosterona. A conservação do sódio pode ser levada a cabo à custa dos valores de potássio, o que pode causar uma insuficiência generalizada de potássio no organismo (Helton, 2009).

O treino aeróbico causa uma expansão do volume plasmático acompanhado de hemodiluição de modo a fornecer um volume extra de plasma, o que mantém uma estabilidade cardiovascular e contribui para a termorregulação durante o exercício. Por outro lado, o treino em condições de esforço máximo induz um aumento do volume máximo de sangue de modo a atingir um maior aporte de oxigénio (Rovira et al., 2007b). Apesar do aumento de volume sanguíneo, a pressão arterial não aumenta necessariamente, uma vez que as veias têm a capacidade de dilatar e, desse modo, acomodar esse aumento do volume de sangue (Helton, 2009).

O aumento do volume sanguíneo e do hematócrito, este último devido em grande medida à contração esplénica, constitui um mecanismo que permite aos animais atingir capacidades de exercício mais elevadas, sem as complicações causadas pela hiperviscosidade sanguínea, uma vez que o hematócrito em repouso permanece normal (Dane et al., 2006).

Estes efeitos resultam, de um modo geral, num coração de maiores dimensões e com maior capacidade de bombear sangue e, por extensão, num maior volume de substrato a atingir os músculos bem como uma maior capacidade de remover produtos resultantes do metabolismo muscular (Helton, 2009).

Crê-se que ocorre também um aumento da densidade capilar ao nível dos músculos, de modo a proceder a um transporte mais eficiente de gases, substratos e calor (Helton, 2009). Nos animais jovens, o trabalho físico aumenta a densidade de capilares enquanto animais adultos tendem a desenvolver maior densidade de arteríolas, e estas com maior diâmetro. Este processo ocorre de modo faseado, em que o aumento da densidade capilar e de pequenas arteríolas precede o desenvolvimento de vasos de maior diâmetro (White et al., 1998).

Ao nível dos capilares, Gerth et al. (2009) demonstraram que cães de trenó sujeitos a trabalho físico têm um maior número de capilares por fibra muscular, não existindo grandes variações ao longo do ano. Os autores sugerem que o treino tem um efeito a longo prazo sobre a rede de capilares, e que esta não diminui facilmente mesmo após períodos de inactividade. Apontam ainda que a rede de capilares não diminui com a idade, sugerindo que uma vez que aquela esteja estabelecida não há grande flexibilidade para a sua diminuição.

O exercício moderado pode ainda ser utilizado como uma ferramenta terapêutica, uma vez que o treino aeróbio produz melhorias na intolerância ao esforço em indivíduos com alguns tipos de insuficiência cardíaca (Keteyian, 2010).

4. METABOLISMO CELULAR

4.1 – Vias de obtenção de energia

As células têm, necessariamente, de produzir trabalho de modo a conseguir levar a cabo operações vitais, crescer e reproduzirem-se. Como tal, a capacidade de gerar energia e de a encaminhar para fins concretos é uma propriedade fundamental dos organismos (Nelson & Cox, 2004).

Os cães têm a capacidade de gerar quantidades de energia que ultrapassam em muito a capacidade de um atleta humano, sendo que cães de trenó em corridas de 10 dias consecutivos, percorrendo diariamente distâncias entre 250 e 300km, conseguem produzir aproximadamente 50.000 quilojoules por dia (McKenzie et al., 2005).

As células heterotróficas obtêm energia na forma de energia química, através do catabolismo de várias moléculas, como a glucose. Esta energia é utilizada para formar ATP a partir de ADP e Pi. O ATP é posteriormente utilizado numa panóplia de processos, como a sínteses de macromoléculas a partir de precursores mais pequenos, o transporte de substâncias através de membranas contra o gradiente de concentração, na produção de trabalho mecânico, entre outros (Nelson & Cox, 2004).

O exercício e a execução de trabalho mecânico é uma das situações em que a necessidade de produção de energia se manifesta de forma mais premente. Durante o exercício moderado, o consumo de energia por parte do músculo esquelético aumenta dez a doze vezes (Rantzan et al., 2007).

As células musculares esqueléticas, através das suas cadeias de actina e miosina, dispõem de um sistema especializado de traduzir a energia contida numa molécula de ATP em movimento, sendo que este mecanismo foi já anteriormente referido. São, no entanto, várias as vias que o organismo dispõe para a produção de ATP, sendo que se passa em seguida a descrevê-las.

4.1.1 – Glicólise

A glucose ocupa um lugar central no metabolismo de plantas, animais e muitos microrganismos. Esta pode ser armazenada pela célula sob a forma de um polímero com elevada massa molecular, como o amido ou o glicogénio que, em alturas de alta demanda energética, pode ser decomposto novamente em glucose que é utilizada na produção de ATP, através de mecanismo aeróbios ou anaeróbios (Nelson & Cox, 2004).

Na célula, a molécula de glucose têm três destinos possíveis: pode ser armazenada sob a forma de uma macromolécula; pode ser oxidada e utilizada na via das pentoses fosfato; ou pode ser oxidada até formar piruvato através da glicólise de modo a gerar ATP (Nelson & Cox, 2004).

A glicólise é o primeiro passo do metabolismo da glucose, e é um processo anaeróbio que ocorre no citoplasma das células (Allen & Holm, 2008). Durante este processo, uma molécula de glucose é degradada através de uma série de reacções em cadeia catalizadas por enzimas, dando origem ao piruvato. Enquanto estas reacções têm lugar, alguma da energia contida na molécula de glucose é perdida sobre a forma de calor, enquanto outra parte é conservada sobre a forma de ATP e nicotinamida adenina dinucleotídeo (NADH), regenerado a partir de NAD^+ (Nelson & Cox, 2004), como pode ser observado na Figura 3.

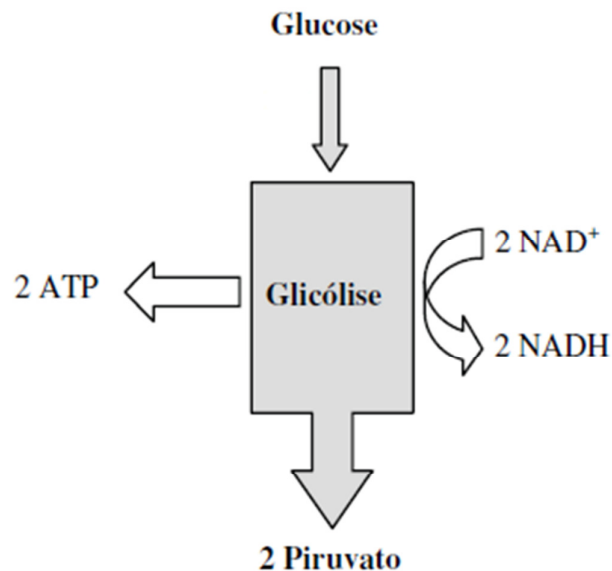


Figura 3 – Glicólise (adaptado de Dias, 2010).

A fermentação é um termo genérico utilizado para denominar a degradação anaeróbia da glucose ou de outro substrato de modo a obter energia, conservada sobre a forma de ATP (Nelson & Cox, 2004).

Os cães de trenó demonstraram ter uma redução do uso de glicose durante o exercício repetido, aumentando a preponderância de outros substratos. É possível que fontes endógenas de proteína, como é o caso das proteínas plasmáticas, sejam mobilizadas para este fim (McKenzie et al., 2007) ou que ocorra a oxidação de ácidos gordos (Rantzan et al., 2007).

Existem vários factores envolvidos neste processo, sendo possível apontar o papel da carnitina, que possibilita a entrada de ácidos gordos de cadeia longa para a mitocôndria de modo a que sejam oxidados e se forme ATP (Rantzan et al., 2007). O piruvato que se forma no fim desta sequência tem dois destinos possíveis. Em condições de aerobiose, a glicólise é apenas a primeira fase do processo complexo que compreende a degradação de glucose com vista à formação de energia. O piruvato pode ser oxidado em acetil-coenzima A e entrar numa nova fase de geração de ATP, difundindo-se para a mitocôndria e entrando no ciclo de Krebs e na fosforilação oxidativa (Allen & Holm, 2008). Este processo é muito mais eficiente que a glicólise por si só e ocorre particularmente em células com elevada capacidade oxidativa, como os músculos esquelético e cardíaco (Stevenson et al., 2007b).

Os fenómenos de anaerobiose ocorrem em maior grau quando o músculo esquelético tem de desenvolver uma contracção intensa em condições de hipóxia. Nesta situação, o piruvato é reduzido a lactato, aceitando electrões do NADH, formando-se o NAD^+ necessário para que a glicólise possa continuar a ocorrer. Estes passos encontram-se esquematicamente representados na Figura 4.

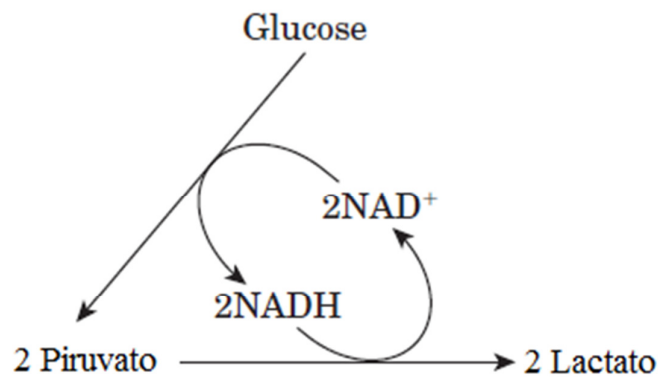


Figura 4 – A redução de piruvato a lactato (adaptado de Nelson & Cox, 2004).

O fluxo de glucose através da via anaeróbia é regulado no sentido de manter valores constantes de ATP. Num plano mais alargado, é regulado por um conjunto de hormonas como a glucagina, epinefrina e insulina, e ainda por alterações na expressão de genes de várias enzimas glicolíticas (Nelson & Cox, 2004).

Embora a glicólise seja uma via metabólica menos eficiente e dela resulte uma menor produção de energia, ela ocorre a um ritmo mais elevado que o metabolismo aeróbio,

permitindo suprir uma necessidade imediata de energia, embora por pouco tempo (Allen & Holm, 2008).

4.1.2 - Ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa

Como foi já referido, o piruvato formado após a glicólise apresenta dois destinos possíveis. Pode ser reduzido a lactato pela enzima lactato desidrogenase ou oxidado em acetil-coenzima A, entrando posteriormente, neste último caso, no ciclo do ácido cítrico ou ciclo de Krebs e na fosforilação oxidativa.

A respiração celular consiste em três fases. Uma primeira, que consiste na oxidação das diferentes fontes de energia orgânica que o organismo tem à sua disposição (glucose, ácidos gordos e aminoácidos), o que leva à formação de acetil-coenzima A. Uma segunda, onde ocorre a oxidação da acetil-coenzima A em dióxido de carbono no ciclo de Krebs. Por fim, dá-se a fosforilação oxidativa, onde a transferência de electrões e oxidações dos diferentes co-factores leva à produção de ATP (Nelson & Cox, 2004).

É no ciclo de Krebs que se reoxida o NADH através do sistema de transporte de electrões e o piruvato formado na glicólise é completamente oxidado, sendo os produtos finais dióxido de carbono e água (Campos, 2002).

Todo este processo é complexo e envolve uma gama variada de compostos intermediários, ocorrendo exclusivamente na presença de oxigénio e estando comprometido caso se verifique um estado de hipóxia.

Como foi já apontado, este processo consegue produzir maior quantidade de energia que a glicólise por si só (esta produz apenas 2 moléculas de ATP por molécula de glucose consumida, enquanto aquele produz 38 moléculas de ATP), apresentado o inconveniente de se tratar de um processo mais lento, não conseguindo por isso dar resposta a uma necessidade súbita de energia (Allen & Holm, 2008).

Um esquema do ciclo de utilização da glucose desde a glicólise, ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa encontra-se representado na Figura 5.

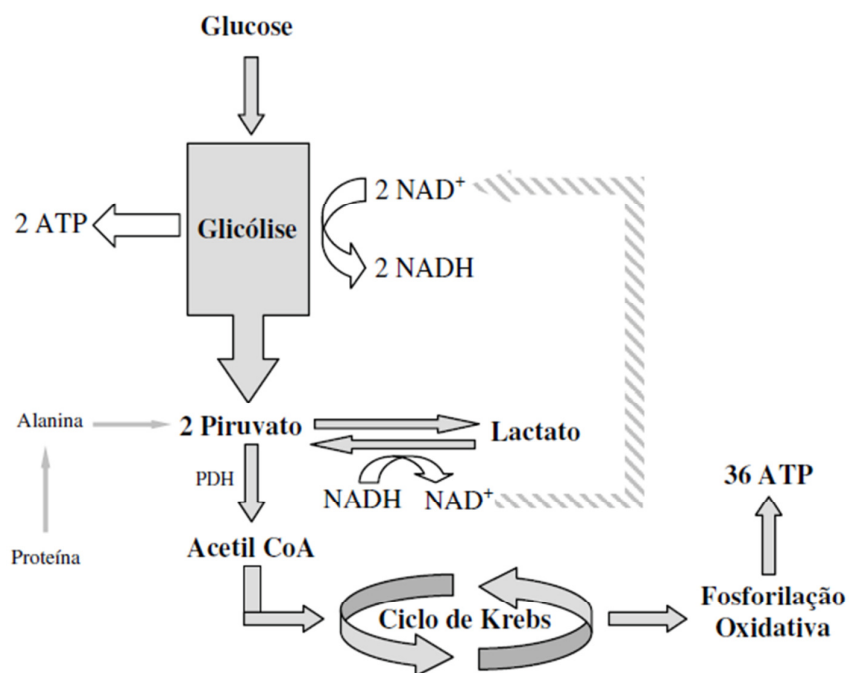


Figura 5 – Glicólise, ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa (adaptado de Dias, 2010).

4.1.3 - Ciclo de Cori

O ciclo de Cori consiste num conjunto de processos complexos que envolvem o metabolismo celular da glucose até lactato, o seu transporte através da corrente sanguínea até ao fígado, a formação de glucose através da neoglicogénese e a sua libertação novamente na corrente sanguínea, de onde pode ser obtida pelos diferentes tecidos (Stevenson et al., 2007b). Permite assim que o fígado, a partir do piruvato, forneça glucose ao músculo em trabalho, que pode produzir ATP através da glicólise (Campos, 2002).

Este ciclo desempenha um papel muito importante, já que disponibiliza aos tecidos uma fonte de energia que pode ser utilizada em condições de anaerobiose, para além de simultaneamente estar a prevenir a acidose causada pela acumulação de lactato. No entanto, consome mais energia do que aquela que produz (Stevenson et al., 2007b).

Trata-se ainda de um processo que não ocorre no sentido inverso àquele que é utilizado na glicólise, já que algumas das reacções que levam à formação de piruvato ou lactato têm um carácter irreversível. No entanto, a regulação de um dos processos está intimamente relacionada com a do outro (Campos, 2002).

Num estudo em que se procedeu à inibição do aporte de glucose, a glicólise e a neoglucogénese ocorreram na presença de ácidos gordos, o que comprova a já referida utilização de outros substratos que não os hidratos de carbono para a produção de energia pelo organismo (Rantzan et al., 2007).

Com o fim do exercício, e com a descida dos níveis metabólicos do tecido muscular, o lactato que se formou pode assim constituir um substrato importante para a neoglucogénese, sendo a glucose que daí resulta posteriormente enviada via corrente sanguínea para os músculos, onde é armazenada como glicogénio (Gleeson, 1996).

O conjunto de processos metabólicos envolvidos neste ciclo encontram-se representados esquematicamente na Figura 6.

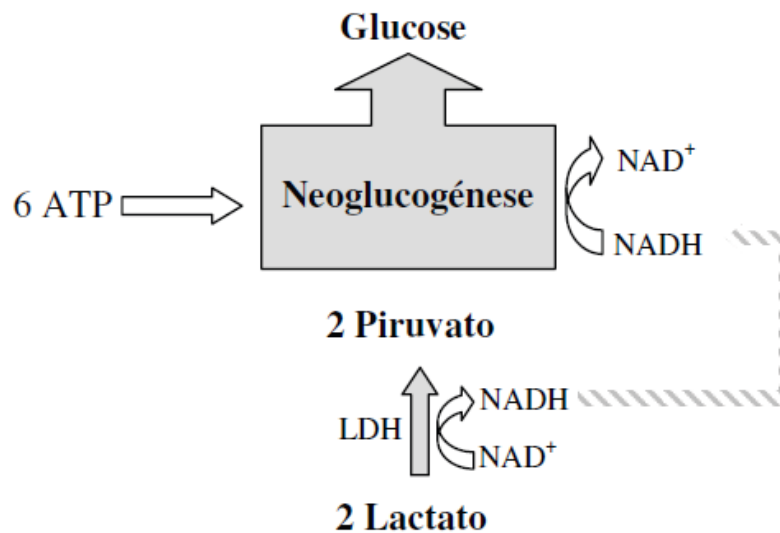


Figura 6 – O ciclo de Cori (adaptado de Dias, 2010).

4.2 – Metabolismo do lactato

O lactato forma-se durante a glicólise, através da redução do piruvato pela acção da lactato desidrogenase (LDH). Em condições normais, o músculo esquelético, o cérebro, o coração, a pele e os eritrócitos são os tecidos e células que produzem a maior quantidade de lactato (Allen & Holm, 2008). No entanto, quase todas as células do organismo têm a capacidade de produzir e libertar lactato, já que as diferentes enzimas envolvidas neste processo nelas estão presentes (Silva, 2010).

Este lactato pode ser reciclado, pelo que é transportado pela corrente sanguínea até ao fígado e rins, onde é convertido em glucose durante a recuperação do exercício físico (Nelson & Cox, 2004 e Allen & Holm, 2008).

A acumulação de lactato, resultando em hiperlactatémia, resulta de um desequilíbrio entre a produção de lactato e a sua utilização, causada por um aumento da glicólise em condições de anaerobiose, diminuição da perfusão de alguns tecidos periféricos e ainda uma diminuição do uso do lactato por parte do fígado ou rins (Stevenson et al., 2007b).

Com o aumento do metabolismo celular por força do esforço exigido aos tecidos durante o exercício, atinge-se um ponto crítico em que as células não conseguem obter oxigénio suficiente para suportar a oxigenação adequada dos tecidos e manter o metabolismo aeróbio. Neste ponto, o metabolismo anaeróbio assume a preponderância e ocorre a produção de lactato (Allen & Holm, 2008).

Esta produção de lactato é um factor limitante do exercício, uma vez que provoca a acidificação do meio, tendo sido verificado que atletas humanos bem treinados em sprint, condição em que são produzidas grandes quantidades de lactato, não conseguem manter a sua velocidade máxima por mais de um minuto (Nelson & Cox, 2004).

A hiperlactatémia deve ser distinguida da acidose láctica, sendo que esta última consiste num aumento da concentração de lactato acompanhada de uma diminuição do pH sanguíneo (Allen & Holm, 2008).

A concentração de catecolaminas tem uma influência importante sobre a produção de lactato, uma vez que levam ao aumento da concentração de glucose sanguínea e estimulam a glicólise (Silva, 2010). A interacção entre insulina e glucagina e seus efeitos sobre o fígado tem um papel importante na remoção de lactato da corrente sanguínea e a restituição dos níveis de glicogénio no músculo (Gleeson, 1996).

Valores elevados de lactato sanguíneo podem persistir muito após os níveis de consumo de oxigénio terem regressado ao normal, embora o inverso também tenha sido já verificado (Gleeson, 1996).

Os principais destinos do excesso de lactato que se acumula como resultado do exercício são a oxidação em dióxido de carbono e água, bem como a produção de glucose através da neoglucogénese (Gleeson, 1996).

4.3 – Alterações decorrentes do exercício

O exercício tem um conjunto de efeitos sobre a homeostase da glucose, sejam eles de longa ou curta duração. Está comprovado que uma única sessão de exercício consegue aumentar de modo marcado a disponibilidade de glucose em todo o organismo bem como aumentar a sensibilidade do músculo esquelético para a insulina, aumentando o aporte de glucose por parte deste. Este efeito estende-se por várias horas após o fim do

exercício, sendo que, em humanos, este fenómeno ocorre apenas nos músculos sujeitos a trabalho (Goodyear & Kahn, 1998).

Este aumento do aporte de glucose nos músculos e da sensibilidade à glucose deriva de vários factores. Desde logo, um aumento do fluxo sanguíneo nos músculos em exercício, o que lhe fornece os substratos necessários para o metabolismo (Goodyear & Kahn, 1998).

A capacidade de transporte de glucose para o interior das células parece ser um factor limitante no exercício, ocorrendo este, primariamente, por difusão facilitada utilizando proteínas de membrana. O exercício tem a capacidade de aumentar os transportadores membranares de glucose, especialmente o GLUT4, deslocando-se estes transportadores de um compartimento intracelular para a membrana (Goodyear & Kahn, 1998).

A combinação dos efeitos do exercício e da insulina parecem ter uma acção aditiva ou parcialmente aditiva no transporte da glucose, já que parecem existir alguns indícios de que existem dois grupos de transportadores de glucose no músculo esquelético, um que responde à insulina e o outro que responde ao exercício (Goodyear & Kahn, 1998).

Face à diminuição da disponibilidade de glucose durante o exercício, o organismo recorre, como anteriormente referido, a outras fontes energéticas de forma a suprir as suas necessidades. Assim, em exercício submáximo prolongado, os ácidos gordos livres no plasma parecem ser responsáveis por fornecer entre 70 a 90% da energia requerida, enquanto a glucose plasmática supre 10 a 15% das necessidades (McKenzie et al., 2008).

O recurso a vias alternativas de energia como os substratos lipídicos e proteicos, é comprovado pelo aumento dos compostos azotados plasmáticos, ácidos gordos livres e concentrações de corpos cetónicos após o exercício em cães de trenó. Estes substratos terão origem não só muscular mas também extramuscular, desempenhando estas fontes um papel importante (McKenzie et al., 2008). Os cães aparentam ter uma vantagem quando comparados com os humanos na utilização destes substratos, metabolizando ácidos gordos livres ao dobro da velocidade observada em humanos (Hill, 1998).

As adaptações induzidas pelo exercício continuado resultam numa poupança pronunciada dos hidratos de carbono durante o exercício, com um aumento da proporção de energia que é fornecida pela oxidação das gorduras. O treino aumenta não só o número de mitocôndrias dentro dos miócitos, mas também a velocidade a que os ácidos gordos não esterificados conseguem ser oxidados (Cave, 2009a).

McKenzie et al. (2008), verificaram que uma sessão de exercício diminuiu grandemente as reservas de glucogénio do músculo em cães de trenó, mas que esta diminuição em sessões subsequentes não ocorreu ou encontrou-se fortemente diminuída. Verificou-se ainda um restabelecimento das reservas quando os animais consomem uma dieta rica em gordura. Assim, na primeira sessão de 140 km, os animais consumiram cerca de 64% das suas reservas, enquanto no quinto e último dia a percorrer a mesma distância, consumiram apenas 5%. Este facto parece sugerir que existe um valor crítico de reservas de glicogénio muscular que se encontra protegido do consumo devido ao exercício continuado (McKenzie et al., 2005).

No início de uma sessão de exercício submáximo, a contracção muscular está dependente das reservas musculares de creatina fosfato e ATP, bem como da utilização anaeróbia de glicogénio celular. Com a continuação do exercício, a utilização de substratos energéticos move-se dos hidratos de carbono para os substratos lipídicos (McKenzie et al., 2005).

Quando comparados os animais sem treino com os submetidos a treino, foram várias as diferenças passíveis de serem verificadas no metabolismo dos hidratos de carbono e dos lípidos durante o exercício. Como tal, o treino de resistência desempenhou um papel crítico no sentido de otimizar uma capacidade aeróbia que tem também uma componente genética (McKenzie et al., 2008).

Os cães submetidos a exercício continuado e repetido, como cães de trenó em corridas de vários dias seguidos, mostraram também uma depleção de triglicéridos intramusculares, sendo esta acompanhada de hiperglicerolémia e hipercetonémia. Este facto parece indicar que a utilização de fontes lipídicas para a produção de energia desempenha um papel integral na produção de energia com vista ao esforço físico (McKenzie et al., 2005).

5. HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA

É já bem documentado que o exercício induz uma série de alterações, tanto fisiológicas como laboratoriais, alterações essas que dependerão das características desse mesmo exercício, como a duração e intensidade, assim como da condição física e nível de treino do atleta (Rovira, Muñoz, & Benito, 2008).

Está também documentado que ocorrem variações em diversos parâmetros hematológicos e bioquímicos em função da raça do animal, idade, nutrição e condições ambientais (Omen, 2009).

Tanto em cães como em humanos, o exercício prolongado resulta no catabolismo das reservas endógenas de energia, lesão do músculo esquelético, alterações na hidratação e variações nas concentrações de electrólitos (McKenzie et al., 2007).

A adaptação ao exercício crónico ou ao treino pode assim ser monitorizada através de vários parâmetros fisiológicos durante o exercício. A medição da concentração de hemoglobina, do hematócrito, contagens de eritrócitos e leucócitos, em intervalos regulares podem fornecer informações importantes sobre o estado de saúde dos animais (Ready & Morgan, 1984).

Ainda, o stress agudo derivado do exercício foi associado com várias alterações metabólicas transitórias, incluindo alteração da homeostase da glucose, electrólitos e alterações no equilíbrio ácido-base, que dependem da duração da actividade levada a cabo (Wakshlag, Kraus, Gelzer, Downey & Vacchani, 2010).

O conhecimento das alterações que ocorrem em cada um dos tipos de exercício é essencial para que seja possível estabelecer um esquema de treino específico e individualizado, para um diagnóstico precoce de desempenho deficitário, para determinar o efeito de diferentes estratégias de alimentação e suplementação e ainda minimizar o risco de patologias associadas ao exercício, como a rabdomiólise, a exaustão, a desidratação e os desequilíbrios electrolíticos, entre outros (Rovira et al., 2008).

5.1 – Alterações hematológicas decorrentes do exercício

Outras condicionantes podem influenciar os valores em repouso para um determinado animal. Os animais de corrida, como os galgos, que são sujeitos a um esforço máximo, têm um valor de hematócrito em repouso mais elevado, maior concentração de hemoglobina e do número de glóbulos vermelhos (Rovira et al., 2007b).

Os cães, quando submetidos a um exercício de agilidade, conseguem mobilizar um elevado número de glóbulos vermelhos a partir do baço, e este factor pode ter um papel muito importante num aumento da capacidade de transporte de oxigénio (Rovira, Muñoz e Benito, 2007a). Esta mobilização é induzida pela acção do sistema nervoso simpático (Rovira et al., 2007b).

Um exercício de natação parece induzir uma contração esplénica mais pronunciada que exercícios em passadeira, o que pode estar relacionado com um maior stress físico relacionado com a natação em cães, o que destaca o efeito das catecolaminas libertadas (Huisman et al., 1982).

A mobilização de eritrócitos consegue provocar um aumento no hematócrito de valores que rondam os 40% em repouso para valores próximos dos 49% no pico do exercício. Este aumento não se verifica em animais esplenectomizados, embora a capacidade dos animais para exercício extremo pareça manter-se inalterada, o que leva à conclusão que o aumento do hematócrito provocado pelo baço elimina a necessidade de reduzir o fluxo sanguíneo visceral e não aumente a capacidade de exercício (Dane et al., 2006).

Os glóbulos vermelhos libertados são posteriormente rearmazenados pelo baço, já que foi verificado uma diminuição de 12% abaixo do valor de hematócrito em repouso após o exercício (Rovira et al., 2007a).

Rovira et al. (2007a), detectaram um aumento de 12% no volume sanguíneo, 21% do volume de glóbulos vermelhos e de 4% no volume de plasma em cães submetidos a uma prova de agilidade.

A manutenção do volume plasmático durante um exercício de agilidade sem alterações significativas contrasta com o que foi anteriormente registado em humanos, cavalos e galgos, que são sujeitos a um esforço mais intenso, sendo que nestes últimos foi documentado um aumento de 21% após cinco minutos de corrida (Rovira et al., 2007a). Como é possível verificar pelos exemplos apresentados, as alterações variam consoante o tipo de exercício a que os animais estão sujeitos (Tabela 2). Desta forma, um aumento no hematócrito e no número de glóbulos vermelhos é uma resposta normal em corridas de velocidade e exercícios de agilidade, enquanto, e por contraste, estes valores não variam ou até diminuem em exercícios submáximos prolongados (Rovira et al. 2008).

Parâmetro	Busca e Salvamento	Agilidade	Galgos	Retriever do Labrador
	Distância ou tempo do exercício			
	20 min	100 s	722 m (47,7 ± 1,7 s)	10 min
Hematócrito (%)	53,16 ± 0,64	51,60 ± 5,59	64,00 ± 3,0	51,00 ± 3,00
Leucócitos (10 ³ /μl)	13,73 ± 4,78	8,310 ± 1,40	7,800 ± 1,9	10,30 ± 1,90

Tabela 2 - Valores hematológicos medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho (adaptado de Rovira et al., 2008).

A manutenção do volume plasmático durante um exercício de agilidade pode dever-se a um balanço entre dois processos: o movimento de fluido para o espaço vascular vindo do espaço intersticial e o movimento de fluido do espaço vascular para os músculos devido a um aumento da osmolalidade derivado da acumulação de lactato e aumento da pressão arterial (Rovira et al., 2007a).

Durante o exercício, também se verifica um aumento dos leucócitos, o que parece ser uma resposta fisiológica normal em cães. Este está relacionado com o maior risco de desenvolver uma resposta inflamatória a que os atletas estão sujeitos, em parte devido ao stress provocado pelo exercício e pela libertação de hormonas imunossupressoras como o cortisol, o que influenciará a dinâmica dos leucócitos. Em cavalos e humanos, foi descrita uma reacção inflamatória moderada e sem sinais clínicos em resposta ao exercício, o que causa um aumento de citocinas pró-inflamatórias e leucocitose (Rovira et al., 2008).

As catecolaminas têm o efeito de mobilizar leucócitos do seu pool marginal e, em cavalos, foi também descrito a mobilização de reservas a partir do baço (Rovira et al., 2008).

5.2 - Alterações bioquímicas decorrentes do exercício

O exercício máximo de curta duração em cães produz um conjunto variado de alterações bioquímicas, como acidose metabólica com compensação respiratória e aumentos do potássio (K^+) e sódio (Na^+), proteínas plasmáticas e osmolalidade, entre outras (Rovira et al., 2007a).

5.2.1 – Proteínas plasmáticas

Foram registadas alterações significativas na concentração de proteínas plasmáticas em galgos durante uma corrida, o que implica movimentos de fluídos para fora do compartimento vascular, assumindo que não ocorreu um movimento de proteínas do espaço intersticial para a corrente sanguínea (Rovira et al., 2007a).

Por outro lado, uma corrida de longa duração foi associada a uma diminuição da concentração de proteínas plasmáticas e de modo particular de albumina, que pode ser associada com a expansão do volume plasmático. Esta expansão é devida ao exercício prolongado e repetitivo, perda de proteínas do espaço vascular pelos tractos renal e

gastrointestinal, catabolismo proteico durante o exercício, imunossupressão, ou uma combinação destes factores (McKenzie et al., 2007 e Rovira et al., 2007a).

O exercício prolongado está associado a efeitos imunossupressivos em atletas altamente treinados. Nos cães em repouso após serem submetidos a exercício prolongado, regista-se uma hipoglobulinémia que pode parcialmente reflectir uma diminuição da produção das diferentes globulinas devido a uma disfunção imunitária secundária ao exercício (McKenzie et al., 2007).

Assim, as alterações registadas variaram consoante o tipo de exercício a que os animais estão sujeitos. Desta forma, um aumento das proteínas plasmáticas pode ser normalmente verificado nas corridas de velocidade e exercícios de agilidade enquanto valores que se mantêm ou até diminuem podem ser observados em exercícios submáximos prolongados (Rovira et al. 2008).

Os valores registados durante vários tipos de trabalho podem ser observados na Tabela 3.

Parâmetro	Busca e Salvamento	Agilidade	Cães de trenó	Galgos
	Distância ou tempo do exercício			
	20 min	100 s	1100 milhas	722 m (47,7 ± 1,7 s)
Proteínas plasmáticas totais (g/dl)	6,680 ± 1,50	6,230 ± 1,05	5,800 ± 0,13	7,300 ± 0,6

Tabela 3 - Valores de proteínas plasmáticas totais medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho (adaptado de Rovira et al., 2008).

Durante o exercício, podem ainda ser detectadas alterações noutras proteínas. A troponina cardíaca I (cTnI) foi demonstrada como sendo um marcador da lesão do miocárdio e a proteína C reactiva (CRP) que é uma proteína inflamatória da fase aguda, encontrando-se ligeiramente acima dos valores padrão em situações inflamatórias ou em processos patológicos crónicos como pancreatite ou após cirurgia (Wakshlag et al., 2010).

A cTnI encontra-se aumentada de modo ligeiro imediatamente após o exercício de alta intensidade e duração moderada em cães treinados de modo apropriado, podendo atingir valores comparáveis com os reportados em cães com cardiomiopatia ou patologias da válvula mitral (McKenzie et al., 2007 e Wakshlag et al., 2010).

A CRP apresenta um aumento marcado em cães de trenó, sendo considerada normal como consequência do exercício intenso (Wakshlag et al., 2010).

5.2.2 - Enzimas musculares

A concentração plasmática de enzimas musculares muda durante o exercício, provavelmente como consequência de um metabolismo muscular aumentado, mudanças transitórias na permeabilidade da membrana celular, sem que para isso tenha que ocorrer lesão das fibras musculares (Rovira et al., 2008).

Aumentos nos valores de creatinocinase (CK) e de lactato desidrogenase (LDH) estão relacionados com alterações das membranas das células musculares e com destruição de tecido muscular (Ready & Morgan, 1984). A CK é responsável pelo controlo da fosforilação do ADP em ATP (Valberg, 2009) e apresenta a vantagem de ser 98% específica para o músculo esquelético. A LDH é menos específica (Rovira et al., 2008) já que está presente em diversos tecidos, encontrando-se envolvida na conversão do piruvato em lactato durante a glicólise (Allen & Holm, 2008). O aumento de CK é considerado como resultado da manutenção continuada de actividade muscular, com a consequente geração de radicais livres durante um exercício submáximo prolongado (Rovira et al., 2007b). Os valores registados de LDH parecem ser proporcionais à intensidade do exercício, tendo este facto sido registado em humanos (Santos, 2006).

A aspartato aminotransferase (AST) encontra-se aumentada em cães de trenó após esforço, o que pode indicar dano tecidual generalizado e dentro de um determinado grau como resposta ao exercício, mas particularmente quando este é iniciado abruptamente (Ready & Morgan, 1984).

Os valores de CK elevam-se primeiro que os da AST, sendo que a CK é também a primeira a regressar a valores normais, pelo que a interpretação dos valores destas duas enzimas poderá ser uma fonte de informação quanto à duração ou fase da lesão (Santos, 2006), sendo que os machos poderão ter uma concentração de AST mais elevada que as fêmeas (Omen, 2009). Contudo, Rovira et al. (2007b) detectaram uma ausência de alterações significativas nos valores destas enzimas, o que pode ser indicativo que, durante exercícios de agilidade, não ocorre destruição muscular. Em contraste, cães de trenó em competições de longas distâncias demonstraram aumentos significativos da AST e da CK, que no caso desta última atingiram valores de 653 ± 579 unidades (valor de referência 33-351 unidades), o que indica destruição muscular. Por sua vez, os

valores de alanino aminotransferase (ALT) mantiveram-se dentro dos valores de referência (Gerth et al., 2009).

A creatinina é um produto da degradação da fosfocreatina (creatina fosforilada) no músculo, e é geralmente produzida numa taxa praticamente constante pelo organismo, estando relacionada com a massa muscular do animal e actividade física (Omen, 2009 e Rovira et al., 2007a). Durante um exercício de agilidade, Rovira et al. (2007a), não registaram alterações na concentração plasmática de creatinina.

No mesmo tipo de exercício, foram registados aumentos significativos na concentração de creatinina, mantendo-se os valores elevados ao longo do período de recuperação. Não existindo outros sinais de desidratação, o que permite por isso assumir que a filtração glomerular se mantém normal, este aumento pode ser devido a uma maior produção, sendo que esta foi já apontada como proporcional à massa muscular (Rovira et al., 2008).

McKenzie et al. (2007), concluíram que alterações na concentração de CK, de AST e creatinina dependiam mais do exercício em si do que a duração deste ou da distância percorrida. Os valores registados variaram consoante o tipo de trabalho a que o animal é submetido, como pode ser observado na Tabela 4.

Parâmetro	Busca e Salvamento	Agilidade	Cães de trenó	Galgos	Retriever do Labrador
	Distância ou tempo do exercício				
	20 min	100 s	1100 milhas	722 m (47,7 ± 1,7 s)	10 min
Creatinina (mg/dl)	1.580 ± 0.16	1.370 ± 0.26	0.600	–	–
CK (UI/l)	108.0 ± 143	43.13 ± 36.9	472.9	218.0 ± 163	143.0 ± 65.0
LDH (UI/l)	31.50 ± 6.25	23.00 ± 6.70	94.30	60.00 ± 19	–
AST (UI/l)	312.0 ± 153	207.0 ± 93.8	94.90	83.00 ± 33	–

Tabela 4 – Valores de várias enzimas musculares medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho (adaptado de Rovira et al., 2008).

5.2.3 - Hormonas circulantes

As alterações hormonais que ocorrem como resultado imediato do exercício fazem parte de uma resposta com o objectivo de preparar o animal para lutar ou fugir. Da sua acção resulta um aumento da pressão arterial e da frequência cardíaca, os vasos centrais dilatam enquanto os mais periféricos contraem, os músculos adquirem tensão e a circulação sanguínea no cérebro aumenta. Isto serve o propósito de fornecer aos

músculos um suprimento óptimo de sangue e um aporte máximo de energia para preparar os músculos para a acção (Helton, 2009).

O cortisol e a insulina são hormonas que têm um papel primordial na regulação do metabolismo da glucose, e cuja concentração pode sofrer alterações significativas durante o exercício, de modo a controlar o aporte energético que as células necessitam (Rovira et al., 2008).

O cortisol é produzido pelas glândulas adrenais, sendo considerado um dos maiores indicadores de estados fisiológicos em resposta a situações que induzam stress. Está envolvido na regulação de reacções inflamatórias que ocorrem durante o exercício, desencadeia mecanismos anabólicos e catabólicos, influencia o metabolismo dos hidratos de carbono, proteínas e lípidos, para além de ter um efeito imunossupressor (Helton, 2009). Esta libertação pode ser estimulada pelo exercício de magnitude reduzida, já que animais a trote numa passeadeira manifestaram aumentos da concentração plasmática de cortisol (Raekallio et al., 2005).

O tipo de exercício a que um animal está sujeito parece influenciar a libertação de cortisol, estando esta hormona mais dependente da duração do que da intensidade do exercício (Rovira et al., 2008). Rovira et al., (2007b), indicam que um exercício de agilidade aparenta não ter efeito sobre a concentração de cortisol no soro sanguíneo, enquanto animais de busca e salvamento manifestam uma diminuição significativa.

Está já reconhecido que uma única sessão de exercício aumenta a capacidade da insulina de promover o aporte de glucose por parte dos tecidos, principalmente através de um transportador de glucose, sendo que esta sensibilidade se mantém por um período de tempo que excede o do exercício. Este aumento da eficácia da insulina é contraposto por um mecanismo de contra regulação, que tem como papel diminuir a frequência e magnitude de eventuais estados de hipoglicémia durante o exercício (Koyama et al., 2002 e Rovira et al., 2008).

Este facto não parece, no entanto, ocorrer em todos os tipos de exercício. Rovira et al. (2008), verificaram que a concentração de glucose plasmática permaneceu constante ao longo de um exercício de agilidade, apontado este facto a um balanço entre a mobilização hepática pelo aumento das concentrações de catecolaminas e o aporte de glucose pelo músculo para o seu metabolismo.

A adicionar a este balanço, soma-se o facto de ter sido já descrito em cavalos e cães a ocorrência de um aumento do metabolismo lipídico durante o exercício. Este fenómeno

está particularmente patente em exercícios submáximos prolongados, já que nestes é a via aeróbia que constitui a fonte principal de energia (Rovira et al., 2008).

Após o exercício, o fígado apresenta uma capacidade aumentada de proceder ao armazenamento de glucose. Este facto, aliado à sensibilidade à insulina que o músculo esquelético apresenta mesmo após o fim do exercício, como foi referido anteriormente, tem em vista restabelecer as reservas energéticas nestes órgãos (Koyama et al., 2002). O grau a que ocorre a absorção de glucose pelo músculo esquelético e o tempo que dura parece estar dependente do grau de depleção de reservas de glicogénio durante o exercício (Goodyear & Kahn, 1998 e McKenzie et al., 2008).

5.2.4 – Iões plasmáticos

Como referido anteriormente, as alterações que ocorrem e o seu grau dependem em grande medida do tipo de exercício a que o animal está sujeito e das condições em que este decorre. Por isso mesmo, importa ter presentes valores normais para cada tipo de trabalho.

Em cães submetidos a um exercício de agilidade não foram registadas grandes alterações electrolíticas, uma vez que se trata de um exercício submáximo e de curta duração, ao contrário do que foi anteriormente registado em cavalos e humanos, sendo que alterações mais marcadas foram já verificadas em galgos e cães de trenó (Rovira et al., 2007a).

Um aumento de sódio plasmático depois de uma corrida pode derivar da perda de água do plasma, e concentrações ocasionalmente altas de sódio foram observadas em galgos clinicamente normais em repouso (Rovira et al., 2007a).

Por outro lado, uma diminuição da concentração de sódio plasmático foi também já associada à corrida de longa e curta duração (Rovira et al., 2008). Esta hiponatremia está ligada a um enorme *turnover* da água, com conservação de sódio pelos rins, e um aumento da osmolaridade urinária (Rovira et al., 2007a), podendo ainda ser resultado de um deficiente aporte de sódio através da dieta (McKenzie et al., 2007).

O exercício prolongado aumenta as concentrações de aldosterona plasmática e diminui a excreção de sódio através da urina em cães de trenó (McKenzie et al., 2007).

As fibras musculares em contracção são a principal fonte de potássio plasmático durante o exercício, e hipercalémia tem sido parcialmente relacionada com o efluxo de potássio dos músculos activos (McKenzie et al., 2007 e Rovira et al., 2007a).

Os cães treinados fisicamente têm valores de potássio sérico em repouso mais baixos e apresentam aumentos menos pronunciados durante o exercício (McKenzie et al., 2007). Em contraste, as concentrações de cloro plasmático não variam significativamente, assumindo-se que uma parte destes iões se deve mover para outros compartimentos corporais, como os glóbulos vermelhos.

Durante um exercício de agilidade, foi detectada uma diminuição de cálcio, aumento de cloro e ausência de alterações no sódio e potássio plasmáticos (Rovira et al., 2007a).

O aumento da concentração de cloro pode dever-se a influência simultânea de acidose metabólica devida à formação de lactato e a adaptações no volume plasmático. Já a diminuição de cálcio pode estar ligada às variações da concentração de albumina e da taxa de filtração glomerular (McKenzie et al., 2007 e Rovira et al., 2007a).

Por sua vez, não foram registadas alterações significativas nos valores de sódio, devido aos mecanismos de conservação que conseguem equilibrar as alterações de volume plasmático, que também não afectaram as concentrações de potássio ou foram equilibrados pela libertação de potássio pelo músculo ou pela acidose metabólica depois da acumulação de lactato no plasma (Rovira et al., 2007a).

Os valores registados variaram consoante o tipo de trabalho a que o animal é submetido, como pode ser observado na Tabela 5.

Parâmetro	Busca e Salvamento	Agilidade	Cães de trenó	Galgos	Retriever do Labrador
	Distância ou tempo do exercício				
	20 min	100 s	1100 milhas	722 m (47,7 ± 1,7 s)	10 min
Na (mmol/l)	142,8 ± 5,89	147,9 ± 12,8	147,3 ± 1,00	158,0 ± 5,0	154,0 ± 2,00
K (mmol/l)	4,060 ± 0,57	4,630 ± 0,84	4,500 ± 0,12	4,300 ± 0,5	5,000 ± 0,30
Cl (mmol/l)	109,0 ± 13,0	115,5 ± 15,4	113,7 ± 2,10	114,0 ± 3,0	123,0 ± 1,10

Tabela 5 - Valores de vários iões plasmáticos medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho (adaptado de Rovira et al., 2008).

5.2.5 – Equilíbrio ácido-base

As modificações que ocorrem no equilíbrio ácido-base durante o exercício, à semelhança das restantes alterações anteriormente apontadas, serão proporcionais tanto à intensidade como à duração deste.

O organismo dispõe de um conjunto de tampões, cujo objectivo é impedir alterações significativas do pH, localizados no meio intracelular e na corrente sanguínea. No interior da célula, o ião H^+ é tamponado por diferentes aminoácidos, péptidos, proteínas e fosfatos orgânicos (Cunningham, 2004).

Durante a glicólise, os iões hidrogénio (H^+) são gerados pela contínua utilização de ATP e pela redução de NAD^+ a NADH. Estes seriam normalmente consumidos durante o processo aeróbio da fosforilação oxidativa e começam a acumular-se durante o metabolismo anaeróbio (Allen & Holm, 2008). Assim, a acidose metabólica sistémica é causada pela passagem de iões H^+ do local onde são produzidos, as fibras musculares em trabalho anaeróbio, para a corrente sanguínea, de onde decorre a diminuição do pH (Lindiger e Waller, 2008).

A hemoglobina e o bicarbonato são os tampões sanguíneos mais importantes. Estes constituem uma primeira defesa contra as alterações de pH, mas a verdadeira correcção do valor de iões H^+ tem que ser feita pelos rins e pelos pulmões (Cunningham, 2004).

O treino vai ter um papel na capacidade de resposta do organismo a estas alterações no seu estado ácido-base, sendo que a intensidade do exercício desempenha um papel preponderante.

Como vimos anteriormente, o treino de resistência promove um aumento da capacidade aeróbia, com maior utilização de vias metabólicas de produção de energia com base, por exemplo, nas proteínas (McKenzie et al., 2007), e menor recurso à glicólise. Consequentemente, temos uma menor produção de ácido láctico e uma menor acumulação de lactato e de iões H^+ no músculo e posteriormente no sangue (Lindiger e Waller, 2008). Já no treino de velocidade, as fibras musculares aumentam a sua capacidade glicolítica e, como tal, surge um aumento da produção de lactato. Nesse sentido, o aumento da capacidade tampão das fibras musculares assume aqui o papel preponderante.

6. OUTROS FACTORES ENVOLVIDOS COM O EXERCÍCIO

6.1 – Alimentação

Estabelecer uma formulação alimentar que seja aplicável à totalidade dos animais e, em particular, àqueles que estão sujeitos a trabalho físico, releva-se como uma tarefa

impossível. Isso deve-se à diversidade de trabalhos conduzidos e que implicam, como foi sendo apresentado ao longo do trabalho, diferentes exigências para o organismo, diferentes vias metabólicas que predominam por oposição a outras, particularidades do próprio animal, entre vários outros factores. Assim, importa atender a cada uma dessas variáveis quando se considera a alimentação de um animal.

A condição corporal dos animais influencia o desempenho físico, sendo determinada por outros parâmetros que ultrapassam a alimentação, como são exemplo a genética do animal, a gestão reprodutiva (animais esterilizados têm uma maior tendência para o aumento de peso) e, naturalmente, a quantidade de exercício que efectuam, estando este último intimamente ligado com a alimentação (Bland, Jones, Taylor & Hill, 2009).

A nutrição em cães submetidos a trabalho tem um papel importante no sentido de minimizar lesões (causadas por infecções de origem alimentar, desidratação, hipertermia, mioglobínúria ou lesões ortopédicas), bem como maximizar o desempenho (velocidade, força e energia) (Hill, 1998).

Estudos em passadeira demonstraram que a capacidade de resistência e sensibilidade olfativa é positivamente afectada pela quantidade de gordura na dieta e digestibilidade desta (Davenport, Kelley, Altom & Lepine, 2001)

As condições ambientais são uma condicionante importante para o cão em trabalho, já que o calor e a humidade podem afectar de modo adverso o apetite e ingestão de alimento, o que diminui a capacidade para cumprir os requisitos nutricionais impostos pelo exercício. Nesse sentido, a monitorização do peso pode ser uma medida útil, já que a perda de peso num animal que não apresente grandes depósitos de gordura pode indicar que não estão a ser atingidas as necessidades mínimas de manutenção e do exercício (Davenport et al., 2001).

Se, por um lado, a alimentação deve adequar-se às necessidades impostas pelo exercício, por outro lado existem evidências que as respostas metabólicas ao esforço físico podem ser largamente modificadas por alterações na dieta (Wieczorek & Uscilko, 1984). Quando diferentes animais são submetidos a um mesmo trabalho em passadeira, o efeito deste exercício na composição corporal pode ser significativamente afectada pelo nível de gordura na dieta (Davenport et al., 2001).

Também a frequência de alimentação parece ser um factor importante, já que animais alimentados mais que uma vez por dia parecem ter menor tendência para a obesidade do que aqueles que são alimentados apenas uma vez (Bland et al., 2009).

A alteração da frequência de alimentação pode contrabalançar uma grande necessidade energética que não é totalmente suportada pela dieta, numa situação em que a dieta não tem a capacidade de fornecer a energia necessária para o exercício (quer seja por este ser muito exigente quer por deficiências nutricionais daquela). Neste caso, pode procurar-se aumentar a frequência de alimentação, uma vez que uma refeição única pode ultrapassar a capacidade de ingestão do organismo ou aumentar a velocidade de passagem pelo tracto gastrointestinal, exacerbando uma deficiência pré-existente (Davenport et al., 2001).

A frequência de alimentação e o tempo que medeia a última alimentação e o trabalho têm uma influência sobre este último. Foi registada uma diminuição da performance em que o tempo desde a última refeição excede as 16 horas e que uma refeição 6 a 12 horas antes do trabalho diminuiu a degradação da proteína muscular (Cardoso, 2012).

Em condições ideais, os animais deveriam ser alimentados 4 a 8 horas antes do trabalho, sendo-lhes fornecido nesta altura 1/3 da sua dose diária. O animal de trabalho deveria ter duas refeições diárias, mas no caso de ser apenas fornecida uma refeição, esta deve ser 10 a 16 horas antes do trabalho (Cardoso, 2012). Naturalmente, todas estas indicações são estabelecidas para condições ideais, devendo procurar-se adapta-las à realidade dos animais em questão.

A proporção na dieta de gordura, proteína e hidratos de carbono influencia a fonte energética utilizada durante o exercício (Cave, 2009a). É possível que cães aos quais se fornece uma alimentação rica em gordura e que são submetidos a um exercício submáximo prolongado consigam preservar as suas reservas de glicogénio muscular através da atenuação do recurso à glucose em sessões de esforço repetidas (McKenzie et al., 2008).

A disponibilidade de ácidos gordos tem um efeito inibitório no aporte de glucose e utilização de glicogénio em células musculares esqueléticas bem oxigenadas (Wieczorek & Uscilko, 1984). McKenzie et al. (2008), concluíram que uma dieta rica em lípidos associada a um extenso treino de resistência pode potenciar a capacidade dos animais para utilizar os lípidos como fonte energética durante o exercício, poupando assim as reservas de glicogénio muscular. No entanto, os substratos utilizados durante o exercício parecem sofrer uma influência maior da parte da realização ou não de sessões repetidas de exercício do que da composição da dieta.

O consumo de uma dieta rica em hidratos de carbono tem um efeito negativo no desempenho desportivo de canídeos, enquanto uma dieta rica em gordura e proteína

preserva as reservas musculares de glicogénio e diminui o risco de lesão músculo-esquelética (McKenzie et al., 2005).

Os cães de trenó normalmente consomem uma dieta rica em gordura (mais de 50% do total) e proteína (acima de 25%), e pobre em hidratos de carbono (menos de 20% do total da alimentação diária). Este tipo de alimentação permite-lhes maximizar o aporte calórico e reduzir lesões músculo-esqueléticas e outras síndromes relacionados com a ingestão reduzida de proteínas em animais em exercício (McKenzie et al., 2005).

Ligado ao efeito de conservação das reservas de glicogénio que o consumo de uma dieta rica em lípidos parece ter associado, os cães têm uma maior capacidade em transportar ácidos gordos livres, quando comparados com outros mamíferos, o que pode, potencialmente, aumentar a sua capacidade de metabolizar lípidos numa dieta rica em gordura (McKenzie et al., 2005).

Outros compostos desenvolvem também uma acção adjuvante ao esforço do exercício. As proteínas são importantes já que a ausência destes compostos ou uma fonte proteica de má qualidade podem conduzir ao desenvolvimento de anemia durante o trabalho (Hill, 1998). O treino aeróbio aumenta a necessidade proteica nos cães, conduzindo a um aumento de massa muscular e à utilização de aminoácidos na neoglucogénese (Davenport et al., 2001). A qualidade da proteína é um factor também importante. Quando comparados cães alimentados com uma dieta com proteína obtida de fontes vegetais com fontes animais, aqueles desenvolveram uma anemia com diminuição significativa do hematócrito e número de eritrócitos. Em humanos vegetarianos, ocorre também uma diminuição dos níveis de creatina, importante no processo de obtenção de energia, pelo que pode afectar o desempenho desportivo (Brown, Vanselow, Redman & Pluske, 2009).

Foi demonstrado que dietas com baixo teor proteico reduzem a capacidade de transporte de oxigénio e aumentam a percentagem de lesões dos tecidos moles (Cave, 2009a).

As fibras podem também ter um certo grau de importância, já que os ácidos gordos voláteis produzidos pela fermentação bacteriana das fibras solúveis no cólon promovem a absorção de água e electrólitos. No entanto, um excesso em fibra aumenta a massa fecal e reduz a disponibilidade de nutrientes (Hill, 1998).

Alimentar um animal antes do trabalho tem uma maior probabilidade de aumentar o desconforto e provocar vómito durante o exercício. A utilização das gorduras está aumentada quando o animal está em jejum, enquanto o exercício no período pós-prandial potencia a utilização dos hidratos de carbono. Este efeito é reduzido quando se

fornece uma dieta rica em gordura até 4 horas antes do exercício, embora não tenha sido ainda comprovado um efeito sobre a resistência física (Cave, 2009a).

As proteínas musculares catabolizadas durante o exercício são mais prontamente repostas caso seja fornecida uma refeição até 2 horas após o exercício, promovendo esta refeição também uma maior reposição das reservas musculares de glicogénio (Cave, 2009a).

6.2 – Doenças associadas ao exercício

De modo a ter o melhor desempenho possível em trabalho, um animal precisa de ter boa forma física, resistência e saúde. Este facto compreende tanto as provas desportivas como outros tipos de trabalho como o pastoreio, que pode ser muito exigente para o organismo. Num estudo conduzido na Austrália, cães que trabalharam uma média de 3 horas, atingiram velocidades de 44 km/h e cobriram uma distância aproximada de 21 km (Jerram et al., 2009).

São vários os problemas que podem acometer cães em trabalho, e variam desde alterações comportamentais, doenças articulares como a displasia de anca ou traumatismos resultantes do trabalho (Cave, 2009b e Jerram et al., 2009). Estas lesões podem ser provocadas pelo ambiente, pelo trabalho ou mesmo pelo animal. As raças atléticas têm a capacidade de exceder os limites elásticos do tendão de Aquiles, incapacitando o animal (Worth, 2009).

6.2.1 – Rabdomiólise

A rabdomiólise derivada do exercício é um síndrome em que ocorre necrose muscular associada a exercício extenuante. É relativamente comum na maioria dos atletas mamíferos, como os humanos, cavalos e cães (Helton, 2009). Sugere-se que este síndrome seja provocado por acidoses recorrentes devidas ao exercício, o que aumenta a perda de potássio pela urina e conduz a uma diminuição da concentração intracelular deste ião (Hill, 1998).

Cães com rabdomiólise derivada do exercício manifestam músculos dolorosos e tensos, com alterações da locomoção. Qualquer grupo muscular pode ser afectado e em casos mais graves, as proteínas celulares libertadas pelas células danificadas podem ser excretadas na urina, conferindo-lhe uma cor vermelho escuro. O achado laboratorial mais comum é o aumento da creatina fosfocinase, sendo que o aumento desta enzima

entre duas a quatro vezes acima do normal é comum após exercício intenso (Helton, 2009).

O nível de preparação física do animal pode afectar a frequência de ocorrência deste fenómeno. Quando um animal atinge um nível de esforço acima daquele a que está habituado, a perfusão muscular e o transporte de substratos tornam-se insuficientes em suprir as necessidades do tecido. Ocorre assim a degradação rápida do glicogénio e o metabolismo anaeróbio de grandes quantidades de glucose, resultando na produção de lactato, que não sendo removido pela corrente sanguínea, promove a acidose muscular, resultando em dano da célula muscular e necrose desta (Helton, 2009).

6.2.2 – Colapso induzido pelo exercício

Um síndrome de colapso induzido pelo exercício tem sido descrito em cães Retriever de Labrador que são, em tudo o resto, saudáveis. Os animais que sofrem deste síndrome têm, habitualmente, boa forma física e desenvolvimento muscular e manifestam grande instinto de recuperação de objectos. Conseguem tolerar exercício moderado mas tornam-se atáxicos e colapsam passados 5 a 15 minutos de exercício explosivo, especialmente se estiverem excitados ou em stress (Helton, 2009 e Taylor et al., 2009). Quando em repouso, não é possível, tanto do ponto de vista laboratorial como clínico, distinguir um animal afectado de um normal (Taylor, Shmon, Shelton, Patterson & Minor, 2008). Durante os episódios, os animais têm os músculos flácidos mas mantêm-se alerta. Este síndrome pode ser confundido com exaustão pelo calor, sendo que no caso do colapso induzido pelo exercício, assiste-se a uma recuperação mais rápida e completa, enquanto naquele o animal pode permanecer fraco, deprimido e em decúbito durante horas (Helton, 2009). Na Figura 7 pode ser observado um cão com colapso induzido pelo esforço.

Os episódios podem durar entre 10 a 15 minutos, após os quais os animais aparentam estar totalmente normais. Casos fatais foram pontualmente associados a este síndrome (Helton, 2009).



Figura 7 – Um cão com colapso induzido pelo exercício (imagem gentilmente cedida por Susan Taylor, Western College of Veterinary Medicine).

Durante muito tempo, a sua etiologia foi especulada, tendo sido associada a hipertermia maligna, hipoglicemia, perturbações de electrólitos, perturbações do ritmo cardíaco, uma forma congénita de miastenia gravis ou uma miopatia de origem metabólica (Taylor et al., 2009). Sabe-se hoje que está relacionada com um defeito genético numa proteína associada com a transmissão do impulso nervoso, causada por uma mutação no gene da dinamina 1 (DNM1). A dinamina 1 tem um papel essencial na neurotransmissão e na endocitose das vesículas sinápticas (Patterson et al., 2008). Tratando-se de um defeito genético, os animais afectados não devem ser utilizados como reprodutores, já que a probabilidade de a descendência vir a sofrer do mesmo problema é elevada (Helton, 2009).

Não se trata de uma doença progressiva e as tentativas de tratamento não melhoram significativamente a condição do animal. O tratamento baseia-se na administração de depressores do sistema nervoso central, o que pode ter uma influência marcada na capacidade de trabalho do animal. No entanto, outros animais parecem deixar de manifestar este síndrome, quer seja através de alterações no treino, melhoria da condição física ou uma menor excitação do animal durante o esforço (Helton, 2009).

6.2.3 – Úlceras gástricas

Nos cães de trenó em competição tem sido reportado o desenvolvimento de lesões do tracto gastrointestinal, incluído diarreia sanguinolenta, erosão gástrica e aumento da

permeabilidade intestinal (Davis, Willard, Williamson, Steiner & Williams, 2005b, McKenzie et al., 2007 e Ritchey et al., 2011). Este grupo particular é apontado como sendo aquele que teria maior predisposição para desenvolver gastrite e úlceras gástricas, mas estudos recentes sugerem que todos os cães em trabalho tem pelo menos um certo risco de desenvolver doenças gastrointestinais associadas ao exercício (Davis et al., 2005b e Helton, 2009).

São várias as causas associadas a um aumento da permeabilidade intestinal, ulceração gástrica e gastrite, tais como a hipercortisolémia, stress oxidativo, aumento das secreções biliares em animais aos quais é fornecida uma dieta rica em gordura (como acontece com os cães de trenó), redistribuição do aporte sanguíneo durante o exercício e trauma de impacto durante o exercício ou, mais provavelmente, uma combinação destes factores (Davis et al., 2005b e Ritchey et al., 2011).

Os sinais clínicos de doença gastrointestinal associada ao exercício podem surgir apenas durante ou imediatamente após sessões únicas de exercício mas os princípios fisiopatológicos em acção têm lugar durante a preparação física dos animais. Contudo, cães treinados revelam sinais moderados de inflamação na mucosa gastrointestinal (Helton, 2009).

Em cães submetidos a exercício continuado, as lesões parecem surgir no decurso do primeiro dia na grande maioria dos animais (Davis et al., 2006).

As lesões gástricas verificadas nos animais submetidos a exercício são, normalmente, subclínicas, e não têm sido correlacionadas como tendo um efeito negativo sobre o desempenho. A prevalência e gravidade das lesões gástricas também parecem não ter relação com a distância percorrida ou a duração do exercício (Ritchey et al., 2011 e Davis et al., 2006). O tratamento passa pela interrupção do exercício (Helton, 2009). Como alternativa, a administração de omeprazol diminui significativamente a gravidade das lesões gástricas mas não as elimina. Tem também um efeito de diminuição na frequência com que surgem os episódios de diarreia (Davis et al., 2005b).

6.2.4 – Exaustão pelo calor

A capacidade que o cão tem de eliminar calor é comparativamente menor que a capacidade de o produzir, o que torna o calor uma preocupação primária no cão de trabalho. A capacidade de eliminar calor está praticamente restringida ao aparelho respiratório, ao contrário de outros mamíferos, que dispõem de glândulas sudoríparas (Helton, 2009).

O calor é gerado durante o exercício, uma vez que o processo de produção de energia é um mecanismo ineficiente e nele ocorre perda de energia sobre esta forma. É normal que se verifiquem aumentos de temperatura na ordem dos 2 a 3°C após uma prova de sprint ou de resistência (Hill, 1998).

O calor é dissipado através de fenómenos de radiação, convecção e evaporação, pelo que a hipertermia estabelece-se como uma preocupação de maior importância em condições de temperatura e humidade elevadas (Hill, 1998).

Importa distinguir a hipertermia que deriva do exercício daquela que decorre das condições ambientais e febre. A hipertermia é normal num cão em exercício, e um animal saudável consegue tolerar aumentos substanciais da temperatura corporal por curtos períodos. A febre, por definição, é um sinal de doença. O valor normal de temperatura para um cão varia entre os 38 e os 38,6°C. O exercício tem a capacidade de conferir uma certa tolerância ao aumento da temperatura (Helton, 2009).

Os cães afectados apresentam um conjunto de adaptações de curto prazo, nomeadamente taquipneia, aumento da circulação sanguínea nas mucosas e aumento de tamanho da língua, de modo a estimular a dissipação de calor. Para além disso, começarão a demonstrar alguma fraqueza ou instabilidade de movimentos (Helton, 2009).

Em casos mais avançados, para além de ser uma situação com capacidade de ameaçar a vida do cão, conduzindo a colapso, choque, hemorragia, necrose tecidular e, por fim, morte, diminui o potencial físico do animal, progressivamente com o tempo até à exaustão, aumentando a depleção das reservas de glicogénio muscular e compostos fosfatados de elevada energia e levando à acumulação de lactato durante o exercício (Hill, 1998).

7. TESTES DE CONDIÇÃO FÍSICA

7.1 – Aplicação dos testes de esforço e avaliação da condição física

Como referido anteriormente, os cães são actualmente chamados a desempenhar uma panóplia de actividades em diferentes ambientes, sejam elas provas desportivas ou actividades de busca e salvamento (Figura 8).



Figura 8 – Binómio de busca e salvamento (fonte: Grupo de Intervenção Cinotécnico).

Neste âmbito, importa ao treinador, tratador ou Médico Veterinário deter parâmetros objectivos de modo a avaliar a condição física do animal (Ferasin e Marcora, 2009), podendo esta ser descrita como a capacidade física para alcançar um determinado desempenho (Helton, 2009). Assim, o principal objectivo dos testes de avaliação da condição física ou testes de esforço é a realização da previsão do desempenho mas também avaliar qual o potencial inato para uma disciplina específica, pelo que importa também estabelecer valores de referência para exercícios específicos (Steiss, Ahmad, Cooper & Ledford, 2004).

Os testes de condição física são já usados há décadas tanto no desporto e Medicina humanas como no desporto animal e no âmbito da Medicina Veterinária. Os testes de esforço eram já utilizados em 1923, por Hill e Lupton, com o objectivo de prever o volume máximo de oxigénio (VO_{2max}) consumido pelos atletas, enquanto valor preditivo tanto de saúde como de desempenho (Waddoups, Wagner, Fallon & Heath, 2008). Uma vez que o “gold standard” para a determinação deste valor consiste em medir os gases sanguíneos enquanto o indivíduo efectua um exercício até ao máximo da sua capacidade e até à exaustão (Waddoups et al., 2008), foram desenvolvidos outros testes no sentido de conseguir determinar o VO_{2max} com exercício em esforço submáximo (Waddoups et al., 2008 e Vehrs, George, Fellingham, Plowman & Allen, 2011).

No campo da Medicina humana, os testes de esforço são também frequentemente usados, sendo um exemplo o recurso a estes em pacientes com insuficiência cardíaca, de modo a caracterizar tanto o grau de insuficiência como para verificar a eficácia da terapêutica instituída (Kittleson, Johnson & Pion, 1996).

No campo do desporto animal, durante as décadas de 1960 e 1970 e antes da disponibilidade geral das passadeiras de alta velocidade em centros de investigação, eram já conduzidos muitos estudos de campo com equinos, tendo-se atingido resultados consideráveis. Com recursos a testes em pista exterior e à ecocardiografia telemétrica estudavam-se a frequência cardíaca e o traçado electrocardiográfico de cavalos de corrida durante o exercício (Evans, 2008).

Com o evoluir dos testes e recolha de dados, foi possível estabelecer relações entre diferentes parâmetros como a frequência cardíaca e o número de passadas. Alterações dos valores tidos como normais ou da relação entre eles podem contribuir para que se chegue a um diagnóstico. A título de exemplo, a alteração da proporção entre as passadas e a frequência cardíaca para uma relação de 2/1, ocorre principalmente em cavalos de trote Standardbred durante as corridas em situações de doença pulmonar obstrutiva crónica – *recurrent airway obstruction* (RAO) ou de hemiplegia laríngea. Os dados obtidos nestes testes, embora não sejam fonte de diagnóstico, constituem, no entanto, um sinal de aviso (Evans, 2008).

Embora os equinos tenham sido o primeiro foco deste tipo de estudos, estes acabaram por estender-se a outras espécies, entre elas a canina. E aqui, estes testes possibilitam igualmente um conjunto alargado de possibilidades. Desde logo, o estudo da fisiologia de animais sujeitos a esforços, seja em trabalho (como cães de trenó ou cães de polícia) ou animais que participam em competições desportivas. Como exemplo disso mesmo, podemos apontar os estudos de McKenzie et al. (2007), onde foram verificadas quais as alterações serológicas em cães de trenó do Alasca durante 5 dias sucessivos de exercício intenso prolongado ou o estudo de Rovira et al. (2010), incidindo sobre a frequência cardíaca, parâmetros electrocardiográficos e arritmias durante exercícios de agilidade em cães sujeitos a treino físico, entre outros. Podem também servir como ferramenta para comparar animais sujeitos a trabalho e animais que não o são, ou avaliar qual a resposta ao treino de um animal específico (Leschnik et al., 2007).

No entanto, a sua utilidade não se resume à prática desportiva ou ao trabalho físico. Os testes de esforço podem ser utilizados no campo da Medicina Veterinária enquanto auxiliares ao diagnóstico, nomeadamente no diagnóstico de insuficiência cardíaca congestiva (Kittleson et al. 1996 e Boddy et al., 2004), para documentar a eficiência da terapêutica instituída, tal como em medicina humana (Kittleson et al. 1996), com o uso de uma passadeira ou desenvolvendo outro tipo de testes que não envolvam a sua utilização, devido aos seus inconvenientes (Boddy et al., 2004). Os resultados obtidos

podem ainda ser estendidos ao campo da Medicina humana, sendo um exemplo o estudo de Davis et al. (2002), onde recorrem a cães de trenó do Alasca como modelo da “asma de esquiador”. O conjunto de exemplos referidos demonstra a clara utilidade deste tipo de testes, embora o recurso a eles não seja sempre fácil.

7.2 – Os diferentes tipos de testes de esforço

Como vimos, os testes de esforço têm uma extensa aplicabilidade do campo do desporto e da Medicina, tanto humana quanto veterinária. Passaremos, em seguida, a apresentar diferentes tipos de testes passíveis de levar a cabo, tendo em vista uma perspectiva mais de desporto e trabalho, bem como os parâmetros mais frequentemente determinados e utilizados.

7.2.1 - Testes de esforço em meio aberto

Os testes de esforço em meio aberto apresentam um conjunto de vantagens quando comparados com os que são conduzidos em meio laboratorial, sendo de apontar o facto de os animais não necessitarem de habituação às condições do meio, não necessitarem de equipamento pouco acessível (como o caso das passadeiras) e, não menos importante, o exercício é conduzido no ambiente físico que mais fielmente mimetiza aquele que é utilizado em competição (Evans, 2008).

O protocolo de teste deve ser simples. O uso de testes com diferentes etapas com aumento de intensidade, como acontece em testes laboratoriais, não é tão popular entre os treinadores porque envolve o consumo excessivo de tempo, embora sejam também utilizados (Evans, 2008). Os testes com diferentes etapas envolvem séries de exercícios com intensidade progressiva e distância conhecida, podendo apresentar intervalos para repouso ou serem contínuos.

Devido à necessidade de adesão e importância da motivação dos diferentes envolvidos, estes testes devem ser de fácil implementação e, idealmente, não interferir com o planeamento do treino (Evans, 2008).

O recurso a tecnologias como o sistema GPS, ao qual pode ser integrado um monitor cardíaco pode ser uma ferramenta que auxilia neste tipo de testes, sendo utilizada em equinos e passível de ser adaptada a cães (Hampson & McGowan, 2007).

São vários os testes deste género conduzidos em cães, sendo exemplo disso mesmo os estudos de Ready e Morgan (1984), em que foram submetidos cães da raça Husky

Siberiano a diferentes distâncias em corrida livre ou em equipa a puxar trenós, sendo avaliados os valores de hemoglobina e hematócrito, entre outros. No trabalho de Rovira et al. (2008), diferentes cães foram submetidos a uma sessão planeada de busca e salvamento, com tempo e extensão controlados, levada a cabo em terreno aberto, de modo a avaliar parâmetros como lactato, glucose, contagem de glóbulos vermelhos e proteínas totais, entre outros. Podem também ser usados como uma ferramenta de diagnóstico como no caso do síndrome de colapso induzido pelo exercício em Labrador Retrievers. Esta é a raça mais comum no mundo (Patterson et al., 2008) e aquela uma das doenças mais comuns em cães de trabalho (Helton, 2009).

No seu estudo de 2009, Taylor et al. sujeitaram um conjunto de Labradores Retrievers a um protocolo de exercício consistindo na recuperação de um boneco arremessado entre 37-46 metros durante 10 minutos ou até que o animal demonstrasse alterações da locomoção, sendo posteriormente sujeitos a biopsia muscular, avaliação dos gases sanguíneos e diagnóstico da mutação genómica da hipertermia maligna.

Os testes de esforço em meio aberto apresentam, no entanto, um conjunto de desvantagens face aos testes em meio laboratorial, e há que tê-las em conta. São testes que apresentam dificuldade em desenhar e implementar, devido ao elevado número de variáveis que são de controlo impossível, como as condições atmosféricas, já que vários dos parâmetros mais habitualmente controlados são por elas influenciados. Por exemplo, a frequência cardíaca é mais elevada em altas temperaturas quando comparado com temperaturas mais amenas. É, por isso, diferente realizar um teste no Verão ou no Outono (Evans, 2008).

7.2.2 - Testes de esforço em meio laboratorial

O recurso a testes de esforço em meio laboratorial, em particular com o uso de passadeiras, apresenta um conjunto de vantagens importantes face aos testes em meio aberto. São elas a possibilidade de controlo do ambiente físico, o desenho preciso do protocolo, as velocidades atingidas e a duração de cada etapa são facilmente repetíveis e o acesso aos animais para realizar operações como colheitas de sangue ou proceder a um electrocardiograma está facilitado (Evans, 2008 e Ferasin & Marcora, 2009). Segundo Ferasin e Marcora (2009), é possível encontrar mais de 600 citações de estudos envolvendo cães e exercícios em passadeiras, embora muitas das técnicas neles descritas envolvam animais manipulados com técnicas altamente invasivas.

No entanto, estes testes apresentam também um conjunto de desvantagens. Desde logo, a disponibilidade ou não de instrumentos como a passadeira. Para além disso, vários autores documentam a necessidade de adaptação dos animais à passadeira ou a outros instrumentos, como a máscara facial para avaliar o consumo de oxigénio, como Kittleson et al. (1996) e Boddy et al. (2004), o que pode constituir uma limitação importante, especialmente quando se trabalha com um intervalo de tempo limitado.

Outros autores, como Ferasin e Marcora (2009), contrariam esta afirmação, verificando nos seus estudos que todos os animais se adaptaram bem à passadeira quando conduzidos pelos donos, que devem estar presentes na sala e deve ser-lhes permitido incentivar os seus animais. Não obstante, os mesmos autores referem o efeito da aprendizagem, que deve ser considerado. Esta observação deriva da constatação que, com o decorrer do teste, a frequência cardíaca desce quando um animal é sujeito ao mesmo esforço, possivelmente devido a uma diminuição da ansiedade ou a um aumento da eficiência nos seus movimentos. A este facto há que somar que alguns dos parâmetros a avaliar podem ser afectados por uma antecipação dos animais ao exercício e excitação, o que pode provocar valores acima do normal de temperatura e frequência cardíaca (Steiss et al., 2004).

Os testes conduzidos com recurso a uma passadeira parecem também não corresponder com exactidão àqueles que são determinados em teste em meio aberto. Este problema pode ser contornado aumentando a velocidade da passadeira ou a sua inclinação (Evans, 2008). Nesse sentido, foram elaborados diferentes protocolos tendo em vista diferentes objectivos.

Os testes de esforço em meio laboratorial desenrolam-se, habitualmente, com exercícios em séries intervaladas e de intensidades crescentes, podendo variar as condições em cada uma delas.

São exemplos os estudos de Kittleson et al. (1996), em que os animais foram sujeitos a inclinações de 16% a uma velocidade de 1, 2 e 3 milhas por hora e 22 ou 26% a 3 milhas por hora, constituindo assim um protocolo com 5 etapas para avaliar cães com insuficiência cardíaca. Noutro estudo, os cães são sujeitos a inclinações de 5 ou 15% a velocidades de 6, 7, 8, 9 ou 10 milhas por hora, num tempo máximo de 30 minutos (Ferasin & Marcora, 2009).

7.3 – Parâmetros avaliados em testes de condição física

São vários os parâmetros que podem ser medidos e que podem fornecer ao treinador, tratador ou Médico Veterinário valores concretos de modo a avaliar a condição física do animal (Ferasin e Marcora, 2009). Alguns, no entanto, são melhores indicadores dessa mesma condição, pelo que são mais frequentemente utilizados. São alguns desses factores que seguidamente se abordam.

7.3.1 – VO_{2max}

O consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) ou capacidade aeróbica, é o indicador primário da capacidade cardiorrespiratória de um indivíduo (Waddoups et al., 2008), já que reflecte a capacidade de um indivíduo em transportar oxigénio do meio ambiente de modo a suportar a sua actividade física (Rovira et al., 2007b).

Tem um valor preditivo tanto para o estado de saúde, já que um VO_{2max} elevado parece estar associado com um menor risco de adquirir doenças do foro cardiorrespiratório, como para o desempenho físico, já que há uma relação directa entre capacidade cardiorrespiratória e desempenho atlético aeróbio (Waddoups et al., 2008).

Larsen (2003), refere que para um bom desempenho aeróbio importa não só ter um valor de VO_{2max} elevado mas ter também a capacidade de trabalhar a uma alta percentagem desse valor durante o máximo de tempo possível.

Um teste para determinar o VO_{2max} requer pessoal treinado, equipamento dispendioso e um dono motivado, pelo que a capacidade para a determinação directa do seu valor é frequentemente limitada a laboratórios (Vehrs et al., 2011).

Por estas razões, foram desenvolvidos exercícios em esforço submáximo, com um nível de esforço único ou faseado, com intensidades crescentes, no sentido de tentar determiná-lo indirectamente. Estes testes baseiam-se no pressuposto que existe uma relação linear entre a frequência cardíaca, o consumo de oxigénio e a intensidade do exercício (Waddoups et al., 2008 e Vehrs et al., 2011). Foi relatada a importância de uma fase de activação que anteceda um exercício de alta intensidade, já que parece facilitar o aporte de oxigénio ao nível dos pulmões, embora os mecanismos que potenciam este facto sejam ainda pobremente conhecidos (Endo et al., 2004).

7.3.2 - Frequência cardíaca

A medição da frequência cardíaca em esforço constitui um valor que importa determinar, já que é o principal determinante para o débito cardíaco e para o VO_{2max} (Rovira et al., 2007b). Para além disso, a sua medição é relativamente simples, recorrendo a um cardiofrequencímetro ou a electrocardiografia (Evans, 2008). A frequência cardíaca apresenta valores semelhantes em diferentes cães sujeitos ao mesmo trabalho (Ferasin & Marcora, 2009).

Existem diversos factores que, não estando directamente ligados à condição física do animal, são passíveis de provocar um aumento da frequência cardíaca em exercício. São exemplo disso mesmo a temperatura ambiente elevada, a natureza do piso em que decorre o exercício, a existência de claudicação ou dor ao nível de outras estruturas orgânicas, a desidratação, a presença de doença respiratória ou cardiovascular e o stress ou excitação (Ferasin & Marcora, 2009). A estas podem ainda somar-se o aumento da massa corporal ou uma maior percentagem de gordura corporal, uma diminuição de condição física devida a treino inadequado ou ausência deste e um animal fisiologicamente inferior (Evans, 2008).

Não obstante, a medição da frequência cardíaca durante o exercício é utilizada em cavalos e humanos para prever o gasto de energia e a funcionalidade do sistema cardiovascular, ajudando a estabelecer planos de treino individualizados e para seleccionar os atletas mais aptos (Rovira et al., 2007b).

Quando os animais são sujeitos a um exercício com fases de intensidade progressiva, a frequência cardíaca aumenta significativamente após a primeira fase, mas aumentos significativos não se verificam nas restantes (Ferasin & Marcora, 2009).

Rovira et al. (2007b), registaram valores de frequência cardíaca em cães sujeitos a uma prova de agilidade de 220 batimentos por minuto (bpm), e apontam valores máximos registados noutros estudos em que galgos atingem valores de 300 bpm. Tal pode dever-se ao facto de, nas provas de agilidade, os animais estarem sujeitos a um esforço submáximo. Valores entre 280 e 300 bpm foram apontados em cães de trenó (Hampson & McGowan, 2007).

Os valores registados variam consoante o tipo de trabalho a que o animal é submetido, como pode ser observado na Tabela 6.

Parâmetro	Busca e Salvamento	Agilidade	Galgos	Retriever do Labrador
	Distância ou tempo do exercício			
	20 min	100 s	722 m (47,7 ± 1,7 s)	10 min
Frequência cardíaca (bpm)	132,8 ± 8,79	134,0 ± 17,2	245,0 ± 39,0	150,0 ± 20,0

Tabela 6 - Valores de frequência cardíaca medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho (adaptado de Rovira et al., 2008).

A monitorização da frequência cardíaca no período de recuperação após o esforço constitui também um procedimento muito importante para avaliação do estado metabólico e da condição física, especialmente em animais submetidos a trabalho de resistência. Assim, um animal que apresente boa redução dos valores da frequência cardíaca após um exercício muito prolongado, terá uma melhor condição física que outro que apresente maior dificuldade em fazê-lo (Evans, 2008).

Para além disso, a recuperação da frequência cardíaca após o esforço reflecte o controlo do Sistema Nervoso Autónomo sobre o coração, e uma recuperação afectada está associada com um pior desempenho (Chen et al. 2011), reflectindo também exaustão devido à falta de condição física ou de treino apropriado para a intensidade de esforço requerida, claudicação ou dor (Rovira et al., 2008).

Matwichuk, Taylor, Shmon, Kass e Shelton (1999), definiram os valores normais em cães da raça Retriever do Labrador saudáveis. Embora estes valores possam servir como referência, importa sempre considerar possíveis variações entre diferentes raças. Ferasin e Marcora (2009), registaram uma diminuição progressiva dos valores médios da frequência cardíaca até valores iguais aos do animal em repouso após o exercício.

7.3.3 - Lactato sanguíneo

A concentração de lactato sanguíneo durante o exercício é o resultado da produção de lactato pelo músculo em contracção, pelo transporte desse lactato do músculo para a corrente sanguínea bem como pela sua eliminação, por exemplo pelo fígado (Ferasin e Nguyenba, 2008 e Ferasin & Marcora, 2009).

Começa a ser produzido quando o oxigénio que atinge as células não é suficiente para produzir toda a energia que é necessária para sustentar o trabalho levado a cabo. No entanto, o sistema cardiovascular tem uma capacidade de reserva de tal medida que o metabolismo anaeróbio (limiar de lactato) não se inicia até que a tensão de oxigénio no sangue venoso desça abaixo de um determinado valor (Kittleson et al., 1996).

O valor de lactato sanguíneo registrado por Kittleson et al. (1996) em cães em repouso é $0,6 \pm 0,15$ mmol/l enquanto Allen e Holm (2008) registaram como intervalo de valores do lactato plasmático 0,7-2,8 mmol/l, em cães adultos saudáveis. No cão, em contraste com aquilo que é observado em humanos e em equinos, um aumento da carga de trabalho num exercício não parece induzir alterações abruptas na concentração do lactato sanguíneo, embora variações significativas tenham sido observadas entre as diferentes fases de esforço (Ferasin & Marcora, 2009). Por sua vez, Matwichuk et al. (1999) registaram um aumento marcado do lactato sanguíneo após 10 minutos de exercício intenso em cães saudáveis da raça Golden Retriever. Noutro estudo, foram registados valores de lactato que eram três vezes superiores imediatamente após o exercício quando comparado com o valor em repouso (Steiss et al., 2004).

Este aumento será mais marcado em animais sujeitos a sprints intensos, como é o caso dos galgos, e que detêm elevada capacidade para glicólise anaeróbia e produção de ácido lácteo, embora o aumento de lactato sanguíneo se tenha registado até 20 minutos após o início do exercício (Halloway et al., 1996).

Os valores registados variam então consoante o tipo de trabalho a que o animal é submetido, como pode ser observado na Tabela 7.

Parâmetro	Busca e Salvamento	Agilidade	Cães de trenó	Galgos	Retriever do Labrador
	Distância ou tempo do exercício				
	20 min	100 s	1100 milhas	722 m ($47,7 \pm 1,7$ s)	10 min
lactato (mmol/l)	5.030 ± 0.68	4.550 ± 2.31	1.265	28.90 ± 3.0	3.570 ± 2.20

Tabela 7 - Valores de lactato sanguíneo medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho (adaptado de Rovira et al., 2008).

Em contraste com aquilo que foi registado em humanos, os valores da concentração do lactato sanguíneo mantiveram-se estáveis durante um período de recuperação de 20 minutos (Ferasin & Marcora, 2009). Os valores registados de lactato sanguíneo durante o período de recuperação no estudo de Matwichuk et al. (1999) podem ser observados na Tabela 8.

Variável	Tempo decorrido relativamente ao exercício					
	Antes	Após				
		Imediatamente	15 min	30 min	60 min	120 min
Lactato (mmol/l)	1,31 ± 0,81	3,57 ± 2,22	3,31 ± 1,5	2,04 ± 0,67	1,08 ± 0,35	0,8 ± 0,37

Tabela 8 – concentração de lactato sanguíneo ± desvio padrão antes e imediatamente após exercício em 14 cães da raça Labrador Retriever (adaptado de Matwichuk et al., 1999).

Assumindo que a eliminação de lactato não cessaria durante a recuperação e que o músculo não continuaria a sua produção após o fim do exercício, pode especular-se que pequenos aumentos dos valores de lactato sanguíneo observados podem ser devidos a um transporte lento deste composto para o sangue (Ferasin & Marcora, 2009).

Nos cães não é possível uma fácil identificação do limiar de lactato tal como está descrito em equinos ou humanos, ou seja, um aumento abrupto e sustentado do lactato sanguíneo (Ferasin & Marcora, 2009) ou acima de concentrações fixas de 4mmol/l (Machado, 2011 e Evans, 2008). No entanto, Yoshida, Chida, Ichioka e Suda (1987), propõem como definição de limiar de lactato o valor 1 mmol/l acima do valor em repouso. Baseando-se neste modelo, Ferasin e Marcora (2009), conseguiram detectar este limiar em 5 dos 13 cães que submeteram a teste. A mesma definição foi usada por Kittleson et al. (1996), tendo sido possível determinar o limiar de lactato nos animais em estudo.

Noutro estudo, foi detectado o limiar de lactato estabelecido com o valor de 4 mmol/l em cães submetidos a uma prova de agilidade (Rovira et al, 2007b).

A diferença entre os valores de lactato sanguíneo registados no estudo de Rovira et al. (2007b) e os detectados por Kittleson et al. (1996) ou por Ferasin e Marcora (2009) pode estar ligada à maior duração dos testes dos últimos e, consequentemente, um maior envolvimento de vias aeróbias, o que foi demonstrado anteriormente em cavalos (Rovira et al., 2007b).

Assim, importa estabelecer valores de referência para tipos de esforço específicos, antes de se poder estabelecer um critério como sendo sinónimo de um desempenho reduzido ou avaliar a intolerância ao exercício, uma vez que as respostas fisiológicas variam com a duração e a intensidade do exercício (Rovira et al., 2007b).

O limiar anaeróbio, geralmente considerado como sinónimo de limiar de lactato, ocorre entre 50 a 70% do VO_{2max} , pelo que, por definição, podemos utilizar exercícios submáximos para o determinar (Yoshida et al., 1987 e Kittleson et al., 1996).

O objectivo do treino será aumentar esse limiar anaeróbio, ou seja, que o animal seja capaz de permanecer mais tempo em esforço até que este fenómeno se processe (Kittleson et al. 1996), estando o limiar de lactato dependente da capacidade aeróbia (Yoshida et al., 1987). Assim, a sua determinação é uma medida importante para avaliar a condição física de um animal e planear o treino (Evans, 2008 e Machado, 2011).

Este valor tem uma correlação com o VO_{2max} , o desempenho de resistência e a actividade de enzimas oxidativas no músculo esquelético (Yoshida et al., 1987).

Vários locais podem ser utilizados para efectuar a recolha de sangue de modo a determinar o lactato sanguíneo, não havendo diferenças significativas entre diferentes locais (Kittleson et al., 1996 e Silva, 2010), embora tenham sido registados valores mais elevados em amostras obtidas a partir da veia cefálica, seguidos pelos da artéria femoral e veia jugular (Silva, 2010).

O recurso a amostras de sangue capilar foi estudado por Ferasin e Nguyenba (2008), devido às vantagens de se tratar de um método menos invasivo, à menor possibilidade de ocorrência de efeitos adversos, de ser um método já relatado na medição da glicémia em indivíduos diabéticos e por se tratar de um método de recolha simples. Este estudo registou valores díspares de lactato sanguíneo de origem capilar quando comparados com os obtidos de sangue venoso, pelo que importa estabelecer valores de referência para lactato capilar em cães.

Já a concordância entre valores obtidos por diferentes aparelhos com base numa mesma amostra sanguínea foi observada por Thorneloe, Bédard e Boysen et al. (2007) e Stevenson, Kidney, Duke, Snead e Jackson et al. (2007a), havendo alguma variações nos valores registados pelos aparelhos portáteis, especialmente quando se atingiam valores muito altos de lactato sanguíneo. O objectivo dos estudos foi verificar a validade de utilização de aparelhos portáteis comparando os valores por estes obtidos com equipamentos tradicionais. Eram eles o NOVA statprofile M; Nova biomedical, Waltham, Masschusetts, EUA e o Lactatepro; Arkray KDK, Quioto, Japão no primeiro estudo e o Rapidlab 865, Bayer Diagnostics, East Walpole, Masschusetts, EUA e o Accutrend, Roche diagnostics. Ambos concluíram que os aparelhos portáteis (Lactatepro e Accutrend) são uma alternativa viável e fiável, registando apenas algumas discrepâncias quando se atingem valores muito altos de concentração de lactato.

7.3.4 - Temperatura

A temperatura rectal aumenta durante o exercício pois uma porção da energia que se produz para provocar a contracção muscular se perde sobre a forma de calor durante o metabolismo celular (Matwitchuk et al., 1999).

Segundo Matwitchuk et al. (1999), após 10 minutos de exercício, todos os animais do estudo registavam um aumento marcado da temperatura rectal.

Os resultados obtidos parecem indicar que um aumento de 3°C na temperatura rectal é normal em cães da raça Retriever do Labrador em exercício intenso.

Ao comparar cães de polícia treinados com não treinados, verificou-se que os animais submetidos a treino atingem temperaturas corporais mais elevadas (Leschnik et al., 2007). Segundo este resultado, a temperatura rectal pode ser um parâmetro importante na interpretação dos resultados obtidos por um animal antes e após um período de treino.

Os valores registados variarão consoante o tipo de trabalho a que o animal é submetido, como pode ser observado na Tabela 9.

Parâmetro	Busca e Salvamento	Agilidade	Galgos	Retrievers do Labrador
	Distância ou tempo do exercício			
	20 min	100 s	722 m (47,7 ± 1,7 s)	10 min
Temperatura rectal (°C)	40,64 ± 0,46	39,20 ± 0,60	40,60 ± 0,3	41,80 ± 0,30

Tabela 9 - Valores de temperatura rectal medidos imediatamente após exercício em cães submetidos a diferentes tipos de trabalho (adaptado de Rovira et al., 2008).

Por sua vez, verificaram que cães sujeitos a um teste de esforço em passeadeira registaram uma diminuição da temperatura rectal quando repetem o teste, o que parece indicar uma certa adaptação dos animais ao exercício (Ferasin & Marcora, 2009)

Noutro estudo, não foram registados efeitos significativos de um período de 12 semanas de treino sobre a temperatura corporal dos animais em exercício (Ready & Morgan, 1984).

Um aumento da temperatura corporal parece estimular positivamente a frequência respiratória para além de diminuir a afinidade da hemoglobina para o oxigénio, aumentando dessa forma a libertação de oxigénio para os tecidos (Steiss et al., 2004).

É importante também demonstrar se existe uma relação entre o limiar de lactato e a temperatura corporal, embora esse facto não esteja ainda totalmente comprovado. Kittleson et al. (1996) registaram um valor médio de 40,3°C quando era atingido o limiar de lactato. Após o exercício, a temperatura rectal desce gradualmente, atingindo, inclusivamente, um valor abaixo do registado antes do início do exercício.

7.3.5 – Economia de esforço

Este é um parâmetro que engloba um conjunto vasto de factores e que é bastante difícil de quantificar. Pode ser definido como a percentagem estável de VO_{2max} a um dado nível de esforço. Quanto mais baixa for a VO_2 a um dado nível submáximo, melhor será a economia de esforço (Larsen, 2003).

A sua importância pode, no entanto ser verificada, se considerarmos que animais ou atletas que desenvolvam um movimento mais eficiente ou mais económico, vão atingir o mesmo objectivo consumindo menos energia e recursos. E várias são as condicionantes que podem afectar essa mesma eficiência, como maior peso dos animais ou do equipamento que possam usar, movimentos estranhos ao pretendido ou algum material ou equipamento que cause aumento da fricção.

No desporto humano, este é um ponto a que se dedica muita atenção, com desenho de fatos que reduzam o atrito na natação, de posturas mais aerodinâmicas no ciclismo ou a redução de movimentos estranhos em corridas de velocidade.

Larsen (2003), comparou atletas de fundo Quenianos com os restantes atletas mundiais, numa tentativa de tentar compreender o porquê da dominância daqueles no desporto mundial. Neste estudo indica que a economia de esforço tem uma proporção reduzida que pode ser treinada quando comparada com aquela que é inata ao indivíduo, sendo positivamente afectada pelo número de fibras musculares de contracção lenta e também pela forma corporal e massa dos membros, já que o trabalho desenvolvido pelos membros compreende uma parte substancial do custo metabólico do esforço.

Embora talvez não seja tão directamente observado em animais como em humanos, este fenómeno parece ter sido documentado por Ferasin e Marcora (2009), ao conduzirem duas séries de testes de esforço com os mesmos animais. Os autores referem que, à segunda série de testes, os animais aprendem a correr de modo mais eficiente na passadeira, o que resulta numa diminuição na temperatura corporal, no lactato sanguíneo e frequência cardíaca. Assim, e concomitantemente com alguma capacidade

de aprendizagem dos animais, a componente genética parece desempenhar aqui um papel muito importante.

ESTUDO

1. OBJECTIVO

A determinação do estado de um animal em termos físicos é um elemento importante quando esse animal é sujeito a trabalho. Através dessa avaliação, é possível perceber qual a condição física do animal à data do teste, mas também ajustar o treino com vista ao objectivo pretendido, fazer diagnóstico de sub-rendimento ou de inapetência física para o trabalho.

Para que isto seja possível, é necessário conhecer quais os valores normais para um cão que é submetido a esse mesmo trabalho, para que se possa efectuar uma comparação seja possível. Actualmente, as informações disponíveis de parâmetros normais para cães submetidos a treino físico centram-se, na sua esmagadora maioria, em cães de trenó e galgos que participam em corridas de velocidade. Assim sendo, um dos objectivos principais deste trabalho consistiu na determinação dos valores médios de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e temperatura rectal em cães submetidos a trabalho como cão de polícia.

Igualmente, para que este possa ser um procedimento levado a cabo de modo rotineiro, importa que seja o mais simples e menos invasivo quanto possível. Assim, este trabalho teve também como objectivo avaliar a possibilidade de realização do teste de avaliação da condição física mas utilizando a veia marginal da orelha como local de colheita da amostra de sangue e também a utilização de um aparelho portátil de medição do lactato. Pretendeu-se também determinar, num instante único e num animal em repouso, se existem diferenças significativas entre os valores de lactato sanguíneo quando medidas num vaso de maior calibre, no caso a veia cefálica, e um vaso mais periférico como a veia marginal da orelha.

Por fim, pretendeu-se avaliar se existia uma correlação entre os valores normais de lactato sanguíneo, a frequência cardíaca e a temperatura rectal, de modo a que fosse possível extrapolar um a partir do outro, nomeadamente entre o lactato e frequência cardíaca. A existência desta relação permitiria a utilização de um parâmetro facilmente medido pelo tratador, treinador ou Médico Veterinário enquanto medida do esforço físico que o animal estaria a desenvolver num dado momento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Caracterização da população em estudo

Os animais que participaram na realização deste estudo pertencem à Companhia de Intervenção Cinotécnica da Guarda Nacional Republicana. Esta Companhia tem no seu efectivo 76 canídeos, com idades variáveis até aos 10 anos e com uma idade média de 4,1 anos (desvio padrão de $\pm 2,87$ anos) e uma distribuição que pode ser observada no Gráfico 1.

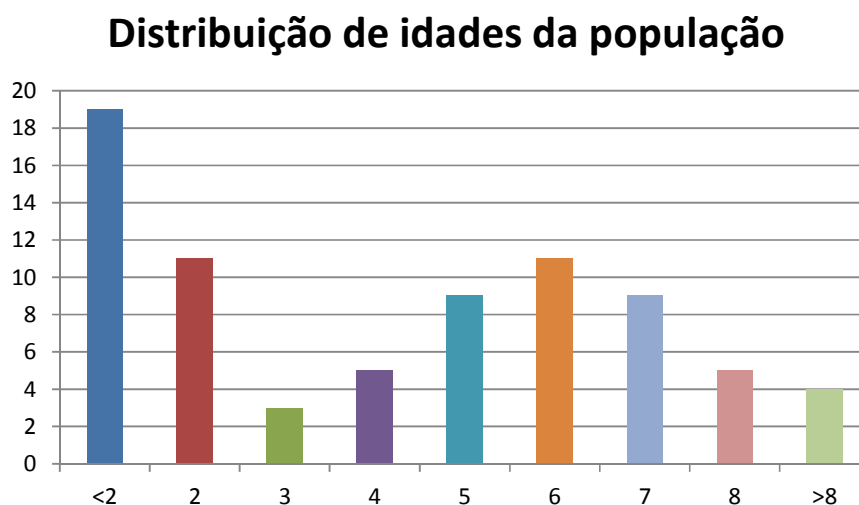


Gráfico 1 – Distribuição de idades dos animais que compõem a Companhia de Intervenção Cinotécnica da GNR.

Destes, 59 são machos (77,6%) e 17 são fêmeas (22,4%). As raças representadas no efectivo da Companhia são Pastores Alemães (n=44, 57,9%), Pastor Belga Malinois (n=15, 19,7%), Rottweiler (n=9, 11,8%) e outras raças (n=8, 10,5%), como pode ser observado no Gráfico 2.

Raças da população

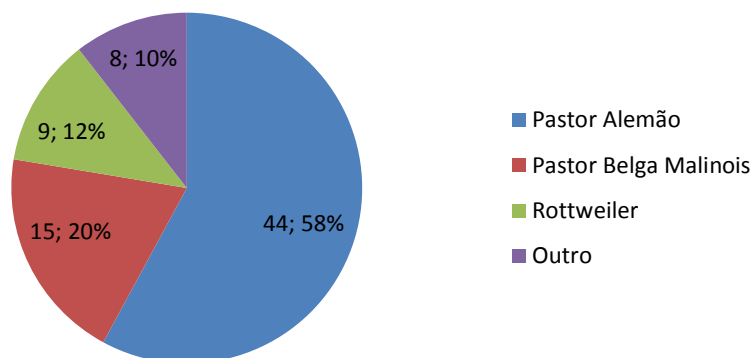


Gráfico 2 – Raças dos canídeos que compõem o efectivo da Companhia de Intervenção Cinotécnica da GNR.

2.2 – Amostra

Participaram no presente estudo 20 animais pertencentes à Companhia de Intervenção Cinotécnica da GNR. Os animais seleccionados tinham idades compreendidas entre os 2 e os 8 anos, com uma distribuição que pode ser observada no Gráfico 3, tendo o grupo uma idade média de 5,3 anos (desvio padrão $\pm 2,02$).

Foram excluídos deste estudo animais com menos de dois anos e com mais de oito, de modo a evitar alterações decorrentes da idade.

Distribuição de idades da amostra

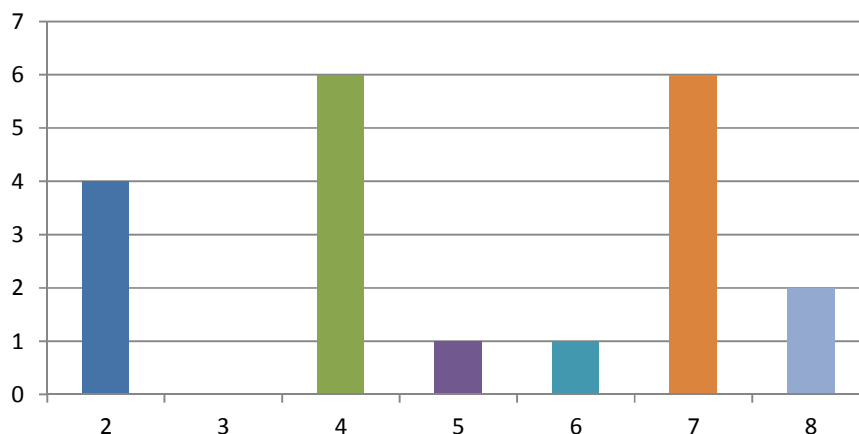


Gráfico 3 – Distribuição de idades dos animais da amostra.

Destes, 19 eram machos (95%) e apenas uma fêmea (5%). As raças representadas no estudo foram Pastores Alemães (n=16, 80%), Pastor Belga Malinois (n=2, 10%) e Rottweiler (n=2, 10%), como pode ser observado no Gráfico 4.

Raças representadas na amostra

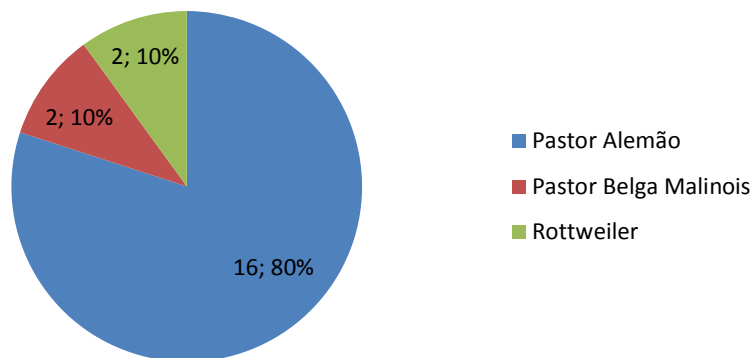


Gráfico 4 – Distribuição das raças representadas na amostra.

Todos os animais submetidos a teste se encontravam clinicamente aptos para o serviço, de onde se assume o seu bom estado de saúde. Dos 20 animais que compõem a amostra, 8 foram previamente familiarizados com a passadeira.

2.3 – Avaliação pré-teste

Antes da realização do teste, foi levada a cabo, num tempo único, uma recolha de amostras de sangue com vista à comparação entre os valores de lactato sanguíneo registados a partir de amostras obtidas de dois locais distintos de colheita, a veia cefálica e a veia marginal da orelha. Assim, compararam-se os valores, para um mesmo animal e num mesmo instante, de lactato sanguíneo em amostras obtidas nas duas veias. A generalidade dos trabalhos publicados têm como base sangue colhido a partir de vasos mais centrais, e neste trabalho procedeu-se à colheita de amostra a partir da veia marginal da orelha, tido como um método menos invasivo.

Foram seleccionados 15 cães aos quais foram recolhidas as amostras de sangue provenientes da veia cefálica e da veia marginal da orelha e avaliada a existência ou não de diferenças significativas nos valores de lactato no sangue proveniente dos dois locais.

2.4 – Protocolo do teste de avaliação da condição física

Os canídeos foram submetidos a um teste de esforço em passadeira mecânica, segundo um protocolo adaptado a partir do trabalho de Ferasin e Marcora (2009).

Este foi composto por um máximo de cinco etapas de 6 minutos cada, a velocidades crescentes de 9,6 km/h, 11,2 km/h, 12,8km/h, 14,4km/h e 16km/h (6, 7, 8, 9 e 10 milhas por hora, no original), para um tempo máximo de exercício de 30 minutos. A inclinação da passadeira foi ajustada para 10% para todos os animais.

Antes de iniciar os testes, os canídeos foram sujeitos a um período de descontração e preparação para o exercício. Este aquecimento pré-exercício ou trabalho promove um aumento da tonicidade e temperatura muscular, aumenta a elasticidade dos tendões, ligamentos e músculos, aumenta a actividade do sistema cardiovascular e o estado de alerta mental, e promove ainda a habituação ao ambiente e a outros animais (Cardoso, 2012).

O teste terminou quando o animal completasse as cinco etapas, quando antes de iniciar uma nova etapa, manifestasse sinais de exaustão, ou se a atingisse durante o decurso de uma das etapas. Foi definido que os animais haviam atingido a exaustão quando parassem de correr abruptamente, quando manifestassem perda da coordenação motora durante o exercício ou ultrapassassem o sensor de segurança que imobiliza a passadeira.



Figura 9 – Canídeo durante o teste de avaliação da condição física.

Quando a exaustão era alcançada antes do fim de uma etapa, as medições eram efectuadas nesse instante. Foi definido um período de recuperação de 20 minutos, tendo

como início o momento do fim do exercício, quer este fosse após qualquer das etapas ou no momento em que se atingisse a exaustão.

Entre cada etapa aguardou-se apenas o tempo necessário para efectuar as colheitas sanguíneas, avaliar a frequência cardíaca e a temperatura rectal.

Os animais foram alimentados pela última vez antes do teste no fim da tarde do dia que antecedia a realização do teste. No entanto, foi-lhes permitido beber água no período de recuperação.

As medições de lactato sanguíneo (LS), frequência cardíaca (FC) e temperatura rectal (TR) foram efectuadas com o animal em repouso, após cada etapa, no momento de exaustão e após o período de 20 minutos de recuperação. Foi permitido que os tratadores se encontrassem junto dos cães e os incentivassem durante o exercício.

2.5 – Equipamento e materiais utilizados

As amostras de sangue venoso foram obtidas a partir da punção da veia marginal da orelha (Figura 10) com uma agulha descartável 23G. A amostra foi directamente colhida para uma tira de medição de lactato ref. 03012654370 da Roche (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Alemanha).



Figura 10 – Visualização da veia marginal da orelha.

As medições de lactato foram realizadas imediatamente após a recolha da amostra de sangue, utilizando um aparelho de medição portátil Accutrend Plus (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Alemanha), (Figura 11), previamente validado para a utilização em cães (Thorneloe et al., 2007).



Figura 11 – O aparelho portátil de medição de lactato, Accutrend Plus.

A frequência cardíaca foi avaliada através da palpação da artéria femoral. A temperatura rectal foi medida utilizando um termómetro digital de leitura rápida.

2.6 – Análise estatística

Os parâmetros avaliados relativos a cada variável (LS, FC, TR) em cada um dos estádios foram sujeitos a uma ANOVA, seguida pelo teste post hoc LSD, sempre que $P < 0,05$. O coeficiente de correlação de Pearson foi usado para comparação de duas variáveis diferentes entre si (Statistica for Windows, Stat-Soft, Inc., 1995, Tulsa, OK, USA e a representação gráfica desenvolvida no Microsoft® Excel 2007.

3. RESULTADOS

Como resultado da avaliação pré-teste efectuada, foi possível verificar a existência de diferenças significativas entre os valores registados num dado instante entre os valores de lactato sanguíneo de amostras obtidas a partir da veia marginal da orelha e da veia cefálica, sendo o valor médio desta última mais elevado ($P < 0,05$).

Dos vinte cães que iniciaram o estudo, dois acabaram por ser excluídos. Um dos animais não se deixava manipular, o que impossibilitou assim a realização das medições

e um outro por ter saltado da passadeira aos 2 minutos da primeira etapa. A um terceiro animal só foi possível avaliar a frequência cardíaca e temperatura rectal, já que este não permitia a manipulação das orelhas com vista à punção da veia marginal da orelha.

Apenas um dos animais completou as cinco etapas do teste à presente inclinação, sendo que a duração média do exercício foi de 19 minutos e 17 segundos (desvio padrão de $\pm 5m\ 30s$). No período de tempo em que decorreu a condução dos testes, a temperatura ambiental média foi de $16,8^{\circ}C$ (desvio padrão de $\pm 1,41$).

Durante o período de recuperação, os animais permaneceram em decúbito lateral direito ou ventral ou ainda em recuperação activa, com os animais a caminharem com um ritmo diminuído.

Verificou-se um aumento gradual e continuo dos valores registados em cada uma das variáveis em estudo ao longo do teste embora esse crescimento variasse consoante a variável considerada.

No caso do LS, não foram encontradas diferenças quando comparados estádios consecutivos mas, quando comparados com o instante em repouso (T0), foram encontradas variações significativas em T2 ($P<0,05$) e T3, T4 e T6 ($T<0,001$) (Gráfico 5).

Relativamente à TR verificam-se variações semelhantes. Não foram encontradas diferenças significativas entre estadios subsequentes, embora se tenha verificado uma variação entre T0 e T3 ($P<0,05$) (Gráfico 7).

A FC foi o parâmetro avaliado que registou maiores variações, tendo sido determinados aumentos entre T1 e T2 ($P<0,05$) e entre T1, T4 e T6 ($P<0,01$), comparativamente às etapas que antecederam esse estadio. Quando comparados com T0, todos os estadios apresentam diferenças significativas ($P<0,001$) (Gráfico 6).

Para determinação da existência ou não de relação linear entre os parâmetros avaliados durante o teste, foi realizado um teste de correlação de Pearson, tendo-se verificada a existência de uma ligeira correlação directa entre LS e TR (0,61), enquanto que não houve qualquer correlação entre LS e FC ou FC e TR

As respostas médias de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e temperatura rectal obtidas durante o teste e após o período de recuperação estão representadas, respectivamente, nos Gráfico 5, 6 e 7.

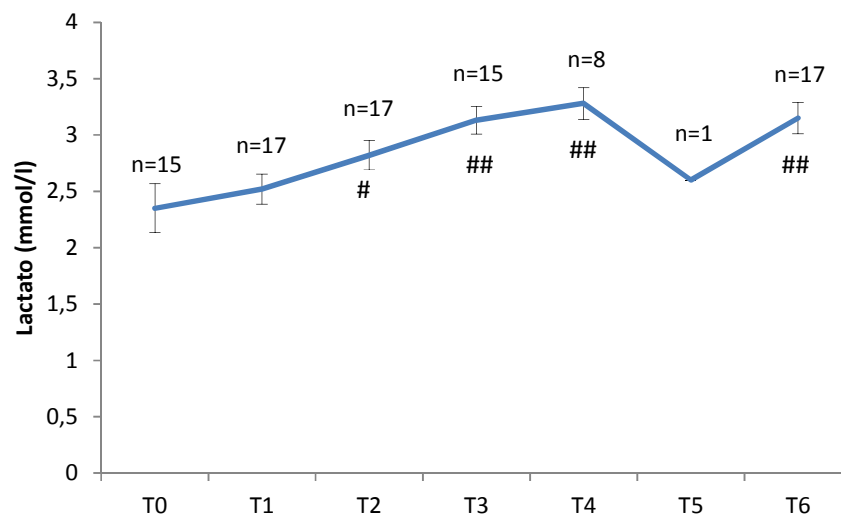


Gráfico 5 – Variações médias (\pm erro padrão da média) do lactato sanguíneo obtidas durante o teste de avaliação da condição física, com o animal em repouso (T0), após cada um dos estádios do teste (T1 a T5) e após o período de recuperação (T6). O valor n indica o número de animais que atingiram o respectivo estadio. Quando comparados com T0, # indica diferenças em que $P < 0,05$ e ## estádios em que $P < 0,01$.

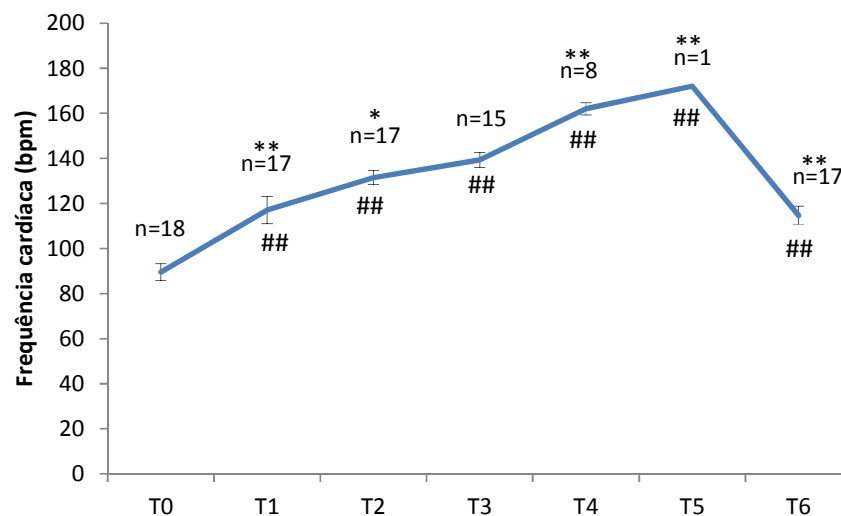


Gráfico 6 – Variações médias (\pm erro padrão da média) da frequência cardíaca obtidas durante o teste de avaliação da condição física, com o animal em repouso (T0), após cada um dos estádios do teste (T1 a T5) e após o período de recuperação (T6). O valor n indica o número de animais que atingiram o respectivo estadio. * indica diferenças significativas em que $P < 0,05$ nos valores registados num dado estadio quando comparado com o antecedeu e ** indica diferenças em que $P < 0,01$. Quando comparados com T0, # indica diferenças em que $P < 0,05$ e ## estádios em que $P < 0,01$.

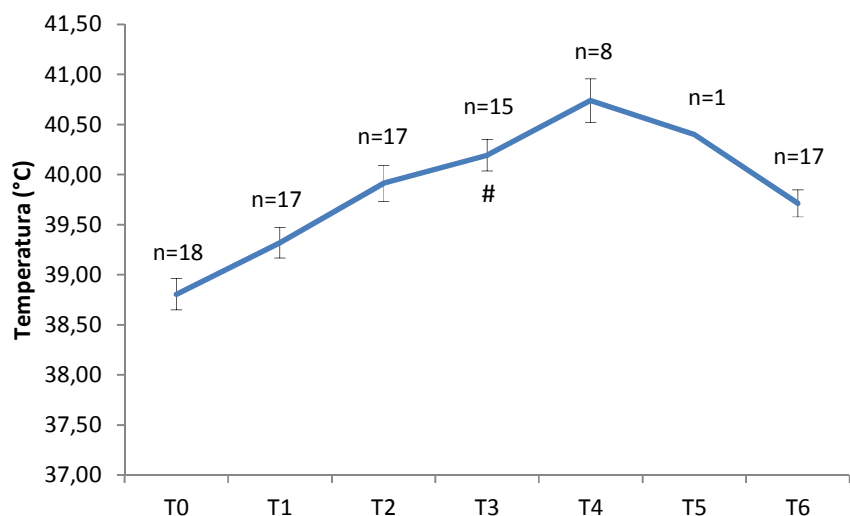


Gráfico 7 – Variações médias (\pm erro padrão da média) da temperatura rectal obtidas durante o teste de avaliação da condição física, com o animal em repouso (T0), após cada um dos estádios do teste (T1 a T5) e após o período de recuperação (T6). O valor n indica o número de animais que atingiram o respectivo estadio. Quando comparados com T0, # indica diferenças em que $P < 0,05$.

Os dados reunidos permitiram avaliar a existência ou não de diferenças nos valores registados dos parâmetros avaliados em animais que haviam previamente sido familiarizados com a passadeira e aqueles cujo primeiro contacto ocorreu no momento do teste.

De acordo com os resultados obtidos, não foram verificadas diferenças significativas, podendo a resposta média de cada um dos grupos ser observada no Gráfico 8 (concentração sanguínea de lactato), no Gráfico 9 (frequência cardíaca) e no Gráfico 10 (temperatura rectal).

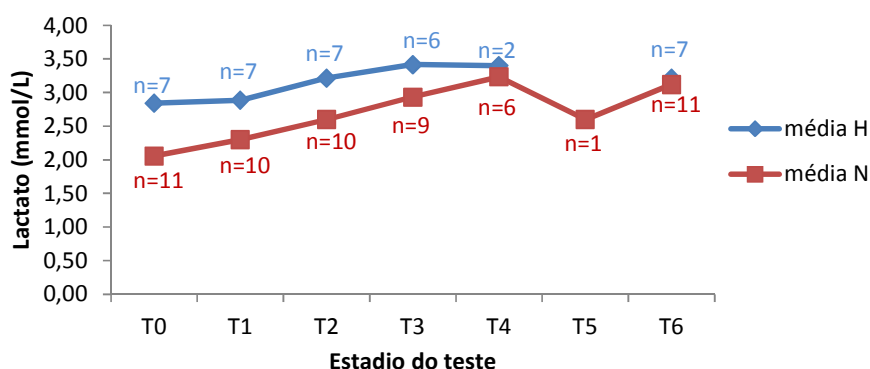


Gráfico 8 - Variações médias do lactato sanguíneo obtidas durante o teste de avaliação da condição física, com o animal em repouso (T0), após cada um dos estádios do teste (T1 a T5) e após o período de recuperação (T6) em animais previamente familiarizados com a passadeira (H) e animais não familiarizados (N). O valor n indica o número de animais que atingiram o respectivo estadio.

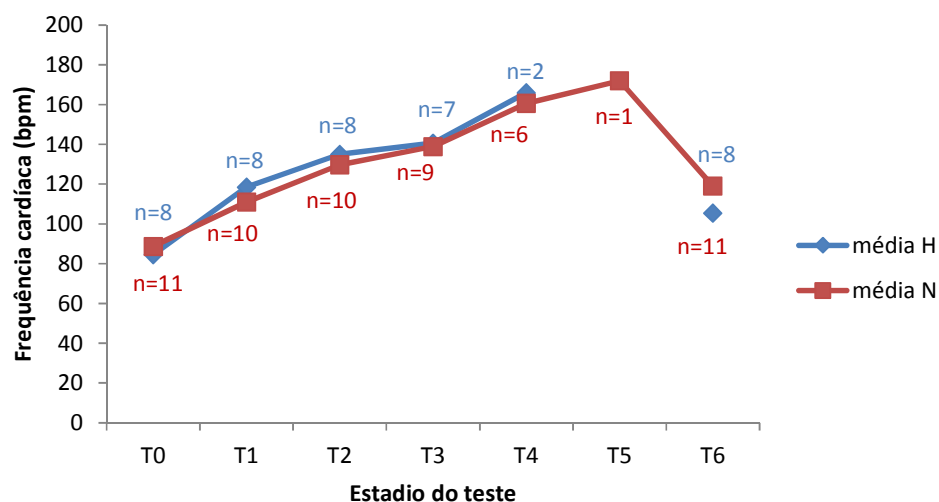


Gráfico 9 - Variações médias da frequência cardíaca obtidas durante o teste de avaliação da condição física, com o animal em repouso (T0), após cada um dos estádios do teste (T1 a T5) e após o período de recuperação (T6) em animais previamente familiarizados com a passadeira (H) e animais não familiarizados (N). O valor n indica o número de animais que atingiram o respectivo estágio.

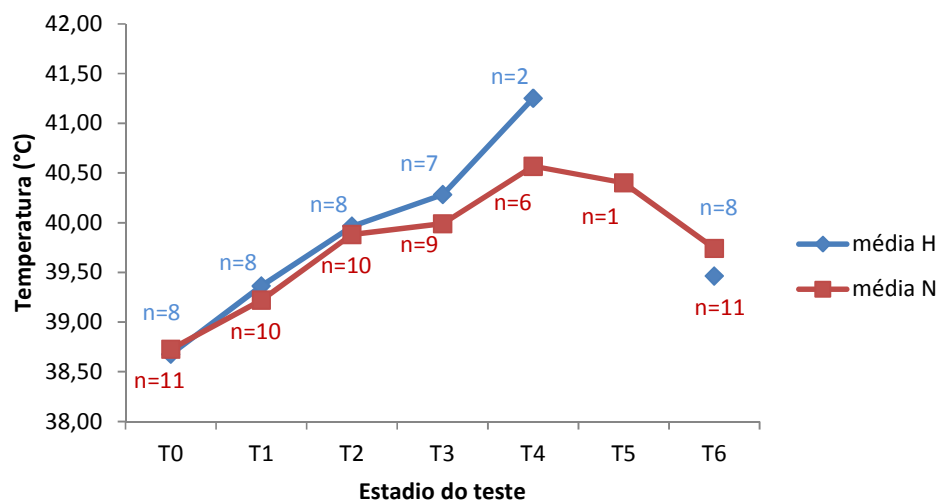


Gráfico 10 - Variações médias da temperatura rectal obtidas durante o teste de avaliação da condição física, com o animal em repouso (T0), após cada um dos estádios do teste (T1 a T5) e após o período de recuperação (T6) em animais previamente familiarizados com a passadeira (H) e animais não familiarizados (N). O valor n indica o número de animais que atingiram o respectivo estágio.

4. DISCUSSÃO

Existem já alguns estudos que analisam diferentes parâmetros num cão em exercício. Estes estudos compreendem, na sua maioria, testes realizados em meio aberto, com protocolos desenhados especialmente para esse efeito em provas já instituídas e nas quais os animais tomam parte. Não são muitos os testes conduzidos em meio laboratorial, com maior ou menor grau de controlo das variáveis, e com recurso a uma passadeira.

Nos estudos que recorrem a testes de passadeira, uma das principais limitações apontadas é uma falta aparente de vontade dos animais em correrem na passadeira e necessitarem de uma habituação prévia à mesma (Kittleson et al, 1996). No entanto, outros autores como Ferasin e Marcora (2009) questionam a validade desta observação, referindo que a presença dos donos é suficiente para ultrapassar essas dificuldades.

No presente estudo, apenas 8 dos animais foram previamente familiarizados com a passadeira, não demonstrando os restantes mais ansiedade ou dificuldades que os primeiros. Nos primeiros momentos do teste e com o início do movimento da passadeira, vários animais demonstraram uma ligeira dificuldade de adaptação à passadeira, com uma ligeira incoordenação de movimento mas que foi rápida e facilmente ultrapassada.

É de crer que a presença permanente e incentivos da parte dos tratadores durante o teste constitui uma motivação para os animais, facto particularmente visível quando nas fases mais avançadas do teste e com o acumular do cansaço, os animais se aproximam da porção mais anterior da passadeira, onde se encontrava o tratador, em resposta ao incentivo.

O protocolo seguido neste trabalho exige um esforço significativo dos animais, especialmente à inclinação que foi aplicada à passadeira (10%). O recurso a esta inclinação pode explicar parcialmente algumas diferenças registadas entre este estudo e o de Ferasin e Marcora (2009), onde a inclinação poderia ser de 5% ou 15%. Enquanto no presente estudo, o tempo médio de exercício foi 19m e 17s (desvio padrão de ± 5 m 30s), no de Ferasin e Marcora (2009) o tempo médio de exercício foi de 27 m e 21s (desvio padrão de ± 2 m e 19s). Também a idade média dos animais que participaram no ensaio diferiu (5,3 e 3,6 anos, respectivamente).

Ferasin e Marcora (2009) referem que os cães que repetem o teste demonstram uma aprendizagem que lhes permite correr de uma forma mais eficiente, diminuindo assim o

esforço dispendido para realizar o mesmo trabalho, tendo registado inclusivamente valores de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e temperatura rectal com uma diminuição estatisticamente significativa.

Embora no presente estudo não tenha sido possível verificar essa adaptação quando considerados testes sucessivos, dentro de um mesmo teste foi-nos possível verificar uma ocorrência dessa adaptação. Com o decorrer do teste, os animais distraem-se menos com o ambiente que os rodeia focando-se mais no tratador, diminuem os movimentos laterais e a corrida torna-se mais fluida.

Procurou-se avaliar se existiam diferenças significativas entre os valores registados nos diferentes parâmetros para animais que haviam previamente sido sujeitos a habituação à passeadeira e aqueles que não haviam anteriormente sido familiarizados. Os valores médios de lactato sanguíneo para estes dois grupos encontram-se registados no Gráfico 8, da frequência cardíaca no Gráfico 9 e da temperatura rectal no Gráfico 10. No presente estudo, não foram encontradas diferenças significativas entre os dois grupos, o que nos pode indicar que um animal confiante e com o seu dono ou tratador na proximidade não terá dificuldade de maior em ser sujeito ao teste e que a ausência de uma habituação prévia não influenciará o resultado obtido.

Num cão adulto e saudável, os valores normais de lactato sanguíneo apresentam algumas variações consoante o estudo que se considera. Assim, têm sido referidos como valores normais $0,6 \pm 0,15$ mmol/l (Kittleson et al., 1996), valores entre 0,7-2,8 mmol/l (Allen & Holm, 2008) ou ainda valores médios de 0,75 mmol/l (Ferasin & Marcora, 2009).

Neste estudo, o valor médio registado no momento T0 do teste de avaliação da condição física foi de $2,35 \pm 0,92$ mmol/l. Os valores médios registados na avaliação pré-teste foram de $3,54 \pm 0,68$ mmol/l para medições efectuadas a partir de colheitas obtidas da veia cefálica e $3,08 \pm 0,57$ mmol/l para colheitas obtidas da veia marginal da orelha.

São vários os factores que podem ser apontados como responsáveis pela disparidade de valores registados pelos diferentes estudos e por este trabalho. Desde logo, a antecipação da realização de uma actividade pode ter um efeito significativo sobre a componente fisiológica, estando comprovado que consegue causar aumentos de cortisol sérico para o dobro da concentração inicial. Cães de raças que são seleccionadas por motivos de trabalho e de desempenho físico podem experimentar alterações metabólicas na antecipação de um evento (Gillette et al., 2011).

Os animais que participaram neste estudo são habitualmente sujeitos a trabalho, tanto físico como no âmbito da sua função específica. Assim, o fenómeno acima descrito pode ter alguma responsabilidade pelos valores de lactato sanguíneo consideravelmente superiores aos registados pelos estudos de Kittleson et al. (1996), Allen e Holm (2008) e Fearsin e Marcora (2009). Pelo facto de os animais que participaram neste estudo serem animais de trabalho, a saída do canil com o tratador pode desencadear estas reacções nos animais, que assim antecipam a possibilidade de trabalho, quer físico quer da sua função específica.

Um outro factor digno de atenção prende-se com o local de recolha da amostra sanguínea. Enquanto os estudos anteriormente indicados utilizavam como local de recolha um vaso de maior calibre, como as veias cefálica e jugular, o presente estudo teve como um dos seus objectivos testar a utilização de amostras recolhidas a partir da veia marginal da orelha. Este ponto merece particular atenção quando comparamos os resultados obtidos com aqueles apresentados por Ferasin e Marcora (2009), que recorreram a um protocolo de exercício semelhante.

Vários estudos apontam para a possibilidade de utilização de diferentes locais para efectuar a recolha de sangue de modo a determinar o lactato sanguíneo sem que se registre uma diferença significativa entre eles (Kittleson et al., 1996 e Silva, 2010), embora tenham sido registados valores ligeiramente mais elevados em amostras obtidas a partir da veia cefálica, seguidos pelos da artéria femoral e veia jugular (Silva, 2010).

Ferasin e Nguyenba (2008) testaram a possibilidade de utilização de uma amostra de sangue capilar, obtido através da punção da face interna da orelha recorrendo a um estilete igual ao utilizado pelos doentes diabéticos, tendo registado uma ausência de concordância entre as concentrações de lactato nas amostras de sangue capilar e venoso. Este facto invalida a utilização dos valores registados nas amostras de sangue capilar como factor preditivo das concentrações de lactato venoso, já que estes apresentam uma fraca relação linear. Acresce ainda a impossibilidade de utilização deste método de modo consistente, já que os mesmos autores indicam que não foi possível colher uma amostra em todos os animais com recurso a este método. Assim, os resultados obtidos neste estudo podem constituir uma alternativa aos métodos anteriormente apontados, constituindo-se como uma técnica menos invasiva para a obtenção de amostra de sangue venoso. Importa, no entanto, apontar que a punção da veia marginal da orelha com uma agulha 23G apresenta também as suas desvantagens.

Em alguns dos animais, a visualização da veia é simples, o que facilita a sua punção. No entanto, noutros animais a sua identificação é mais complexa, o que pode causar um aumento do número de punções até que se obtenha uma amostra viável. Num animal que cumpra a totalidade dos estadios do teste, o número de punções a realizar é sete, assumindo que todas as amostras são recolhidas à primeira tentativa. Se tal não se verificar, multiplicam-se o número de punções, estando este facto também dependente da prática do operador.

Por esta razão, importa avaliar se não será menos traumático e invasivo e, por isso, mais vantajoso para o animal obter uma amostra de um vaso de maior calibre, já que este tende a ser um procedimento rotineiro e mais simples.

São vários os factores que podem influenciar a diferença de valores de concentração de lactato sanguíneo registados a partir de amostras de diferentes locais. Como foi anteriormente referido, a concentração de lactato sanguíneo depende de um equilíbrio de diferentes factores, como a produção de lactato, a sua difusão das células musculares para o sangue e a sua utilização por diferentes órgãos, como o coração, o fígado ou os rins.

Como tal, podemos esperar encontrar concentrações mais elevadas em amostras recolhidas de veias que abrangem áreas anatómicas onde a produção de lactato é superior (como músculos activos ou áreas em hipoxia) e concentrações mais baixas em áreas onde a utilização de lactato está aumentada (Ferasin & Nguyenba, 2008). Esta pode ser uma razão explicativa das diferenças significativas encontradas na avaliação pré-teste entre as concentrações de lactato de amostra recolhidas da veia marginal na orelha e na veia cefálica.

Assim, importa dispor dos valores normais para cada local e método utilizados, pelo que o presente estudo pode constituir-se como uma referência de comparação para posteriores avaliações que utilizem igual método de avaliação de lactato sanguíneo.

O limiar de lactato é frequentemente utilizado enquanto medida da capacidade física de um indivíduo. O valor deste limiar está estabelecido nos 4 mmol/l e é aceite para humanos e cavalos, sendo a sua utilização questionável no caso dos cães, já que este valor não foi detectado na generalidade dos estudos que se propunham a fazê-lo.

Existe uma definição alternativa para o limiar de lactato, consistindo ela num aumento de 1 mmol/l acima do valor normal de repouso (Yoshida et al., 1987). Com base neste princípio, o limiar de lactato foi detectado em diferentes estudos, como os de Ferasin e Marcora (2009) e Kittleson et al. (1996). Rovira et al. (2007b), conseguiram detectar o

limiar de lactato estabelecido com o valor de 4 mmol/l em cães submetidos a uma prova de agilidade.

No presente estudo, não foi possível verificar um aumento abrupto dos valores de lactato sanguíneo num qualquer instante, em nenhum dos animais, embora o aumento de 1 mmol/l tenha sido verificado em 11 dos animais, sendo estes os que realizaram maior número de etapas do teste.

O limiar de lactato é utilizado como medida de avaliação da capacidade física de um indivíduo já que, para um mesmo esforço, um animal melhor preparado fisicamente atingirá o limiar numa fase mais avançada que um que detenha uma condição física mais fraca.

Os resultados obtidos neste teste parecem confirmar isso mesmo. Apesar de não ter sido registado um aumento abrupto da concentração de lactato sanguíneo acima dos 4 mmol/l foram registados aumentos de 1 mmol/l acima do valor de repouso desse animal, e os animais em que isso se verificou foram, como referido anteriormente, os que tiveram um melhor desempenho no teste. Durante o período de recuperação, à semelhança do que foi verificado por Ferasin e Marcora (2009), os valores de lactato sanguíneo mantiveram-se estáveis, sem variações significativas quando comparados com a última etapa realizada. A medição da frequência cardíaca durante o exercício é utilizada para prever o gasto de energia e avaliar a funcionalidade do sistema cardiovascular (Rovira et al, 2007b).

Foi verificado que, ao longo do teste, ocorre um aumento progressivo da frequência cardíaca com o evoluir do teste com variações significativas, contrastando com o que foi verificado por Ferasin e Marcora (2009), que não verificaram aumentos significativos após a primeira etapa do teste. O valor máximo registado durante o teste foi de 170 bpm, enquanto Rovira et al. (2007b) registaram valores de 220 bpm em cães sujeitos a uma prova de agilidade e referem valores ainda mais elevados registados noutros estudos em que galgos atingem valores de 300 bpm. Hampson e McGowan (2007) apontam valores entre 280 e 300 bpm em cães de trenó.

Assim, os valores atingidos pelos animais submetidos a teste aproximam-se mais dos de cães que participam em provas de agilidade, o que poderá ser indicativo da proximidade do tipo de esforço, que se constituirá como um esforço submáximo.

A frequência cardíaca média após o período de recuperação diminuiu significativamente, tendo-se aproximado dos valores de repouso, embora se tenha

mantido ainda acima destes. Igual fenómeno foi documentado por Ferasin e Marcora (2009).

Tal como os restantes valores avaliados, a temperatura rectal aumentou progressivamente durante o exercício e diminuiu após o período de recuperação.

Kittleson et al. (1996) postularam a possibilidade de existência de uma relação entre o limiar de lactato e a temperatura corporal. Os dados recolhidos neste trabalho indicam a existência de uma ligeira relação linear entre estes dois parâmetros, embora esta não seja suficiente para que a partir de um se possa extrapolar o outro.

Os valores de lactato sanguíneo e a frequência cardíaca avaliados mantinham-se, após o período de repouso, significativamente acima dos valores de repouso. Isto sugere, como também foi apontado por Ferasin e Marcora (2009), que é necessário um período de recuperação maior para que os valores basais sejam repostos após o teste, com excepção da temperatura rectal.

Importa referir que, durante a condução do teste, a temperatura ambiental era bastante amena, o que não só permitiu que a temperatura rectal não aumentasse tanto como o que foi registado noutros estudos, mas também o regresso aos valores basais se pudesse processar de modo mais rápido.

O decúbito e postura adoptados pelos animais no período de recuperação parecem ser distintos do descrito como sendo característicos do colapso induzido pelo exercício (Taylor et al., 2008). Neste estudo, apesar dos evidentes sinais de cansaço e da pouca disponibilidade para se deslocar, os animais não desenvolveram sinais de ataxia e parésia dos posteriores, mantendo a capacidade de se deslocarem normalmente e em recuperação activa.

À semelhança do que descrevem Ferasin e Marcora (2009), o teste executado, com as adaptações realizadas, aparenta ser exequível e passível de ser utilizado de modo frequente com vista a avaliar a condição física de um dado animal, programar treinos e como próprio elemento do treino. O trabalho realizado pelos autores referidos revelou boa reprodutibilidade e o presente estudo avaliou os parâmetros normais para cães submetidos a trabalho e treino como cães de polícia, o que se estabelece como um bom ponto de partida para trabalhos futuros.

Importa ainda salvaguardar algumas condicionantes, como a disponibilidade de uma passadeira, do aparelho de medição de lactato e respectivas tiras de medição. Estes factores podem ser fortemente condicionantes para a realização do teste. A inclinação a que o teste foi conduzido (10%), parece ser muito exigente do ponto de vista físico, pelo

que esta variável pode ser alterada para valores mais suaves, especialmente em animais de idades mais avançadas e que possam ter algum grau de compromisso articular, aproximando-a do zero.

De um ponto de vista mais técnico, as medições da temperatura rectal e da frequência cardíaca do modo como foram efectuadas durante este trabalho não oferecem dificuldades de maior. A medição do lactato sanguíneo, por outro lado, pode não ser tão linear. A punção da veia marginal da orelha, embora seja menos invasiva que a de uma veia de maior calibre e permita obter uma amostra de sangue suficiente para a medição (por contraste com a lancetagem de outros estudos), não é fácil em todos os animais o que pode levar a um número elevado de picagens até que se obtenha uma amostra viável. Por esta razão importa contrabalançar o uso de uma técnica menos invasiva com a eventual necessidade de um elevado número de tentativas.

O efeito de aprendizagem referido noutros estudos (Ferasin & Marcora, 2009), embora tenha sido empiricamente verificado quando os animais tendem a correr de um modo mais eficiente dentro de um mesmo estadio do teste, não foram verificadas diferenças significativas nas variáveis registadas em animais que haviam já sido habituados com os de animais não familiarizados.

No entanto, e face às observações, é razoável indicar que um cão que se encontre familiarizado com um determinado esforço e tipo de teste irá realizá-lo de forma mais confiante e mais à vontade, podendo isso, em alguns casos, condicionar um melhor desempenho.

CONCLUSÃO

No final desta dissertação de mestrado, é de considerar que a sua elaboração, mais do que oferecer resposta definitivas, constitui-se como ponto de partida para mais estudos e trabalhos posteriores.

Não obstante, a sua elaboração e os resultados obtidos poderão acrescentar mais algum conhecimento numa área à qual é ainda dedicada uma atenção relativamente reduzida mas que regista já alguns sinais de crescimento.

Uma das principais dificuldades enfrentadas prende-se com as fontes bibliográficas disponíveis. A grande maioria dos trabalhos disponíveis foca a sua atenção dos animais de provas de resistência como os cães de trenó e os de provas de velocidade, como os galgos, constituindo estes praticamente os extremos da escala. Assim, este trabalho vem trazer mais alguns dados sobre os esforços entre estes dois extremos sendo, dentro do nosso conhecimento, o primeiro a testar cães de polícia num teste padronizado e controlado e utilizando este método de medição do lactato sanguíneo.

Ainda, como esta é ainda uma área em desenvolvimento, alguns dos conhecimentos e princípios apontados são extrapolados a partir do que se conhece do exercício em humanos e cavalos, que são alvo de grande interesse há já bastante tempo.

A primeira parte do trabalho, que pretendeu reunir e sumarizar várias das vertentes que influenciam o desempenho físico de um cão, permitiu verificar que os canídeos, enquanto espécie, dispõem de uma enorme capacidade física tendo apetência, consoante a raça considerada, mesmo para os extremos apontados.

Essas capacidades poderão ser aperfeiçoadas e exploradas com recurso a treinos específicos para a função e é neste campo que existe a maior margem de progressão, não existindo ainda grande informação publicada neste âmbito.

Os dados reunidos neste trabalho podem somar-se aos já existentes e podem ser utilizados no planeamento e monitorização de treinos. O protocolo utilizado já tinha sido anteriormente testado para a sua reprodutibilidade, tendo esta sido verificada.

Sendo que um dos objectivos principais de um teste de avaliação da condição física passa por perturbar o menos possível o trabalho a que o animal é submetido enquanto reproduz com a maior fidelidade possível esse trabalho, o protocolo que foi utilizado neste trabalho permitiria atingir esses objectivos, aliando ainda uma execução razoavelmente fácil.

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, L. e Rivero, J. (2006). *New insights into skeletal muscle fiber types in the dog with particular focus towards hybrid myosin phenotypes*. Cell Tissue Res 323: 282-303.
- Alexander, M.; Friend, T. e Haug, L. (2011). *Obedience training effects on search dog performance*. Applied Animal Behaviour Science 132, 152-159.
- Allen, S. e Holm, J. (2008). *Lactate: physiology and clinical utility*. Journal of Veterinary Emergency and Critical Care 18(2): 123-132.
- Barreiro, E.; Gáldiz, J.; Mariñan, M.; Alvarez, F.; Hussain, S. e Gea, J. (2006). *Respiratory loading intensity and diaphragm oxidative stress: N-acetyl-cysteine effects*. Journal of Applied Physiology 100: 555-563.
- Bland, I.; Jones, A.; Taylor, R. e Hill, J. (2009). *Dog obesity: owner attitudes and behavior*. Preventive Veterinary Medicine 92: 333-34.
- Boddy, K.; Roche, B. e Schwartz, D. (2004). *Evaluation of the six-minute walk test in dogs*. American Journal of Veterinary Research 65: 311-313.
- Brown, W.; Vanselow, B.; Redman, A. e Pluske, J. (2009). *Na experimental meat-free diet maintained haematological characteristics in sprint-racing sled dogs*. British Journal of Nutrition 102: 1318-1323.
- Campos, Luís (2002). *Entender a bioquímica – 3ª edição*. Lisboa: Escolar Editora
- Cardoso, Nuno (2012). *Prevenção de lesões em cães de trabalho*. Faculdade de Medicina Veterinária – Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.
- Cave, Nick (2009a). *Feeding working farm dogs*. Proceedings of the Sheep and Beef Cattle Veterinarians of the New Zealand Veterinarian Association: 173-176.
- Cave, Nick (2009b). *Preliminary results from a survey of working dog veterinary visits*. Proceedings of the Sheep and Beef Cattle Veterinarians of the New Zealand Veterinarian Association: 169-172.
- Chen, J.; Lee, Y.; Tsai, W.; Lee, C.; Chen, P.; Li, Y.; Tsai, L.; Chen, J.; e Lin, L. (2011). *Cardiac autonomic functions derived from short-term heart rate variability recordings associated with heart rate recovery after treadmill exercise test in young individuals*. Heart Vessels 16: 282-288.
- Chung, S.; You, J.; Kwon, J.; Tack, G.; Lee, B.; Yi, J. e Son, S. (2007). *Memory performance, hyperoxia, and heart rate following oxygen administration*. International Federation for Medical and Biological Engineering Proceedings vol. 14/2: 802-804.

- Cunningham, James (2004). *Tratado de fisiologia veterinária* – 3ª edição. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Guanabara Koogan.
- Dane, D.; Hsia, C.; Wu, E.; Hogg, R.; Hogg, D.; Estrera, A e Johnson, R. (2006). *Splenectomy impairs diffusive oxygen transport in the lung of dogs*. Journal of Applied Physiology 101: 289-297.
- Davenport, G.; Kelley, R.; Altom, E. & Lepine, A. (2001). *Effect of diet on hunting performance of english pointers*. Veterinary Therapeutics vol. 2 nº : 10-23.
- Davis, M.; McKiernan, B.; McCullough, S.; Nelson, S.; Mandsager, R.; Willard, M. e Dorsey, K. (2002). *Racing alaskan sled dogs as a model of “ski asthma”*. American Journal of Respiratory Critical Care Medicine, Vol. 166, 878-882.
- Davis, M.; McKenzie, E.; Royer, C.; Williamson, K.; Payton, M. e Nelson, S. (2005a). *Effect of training and recovery on airway inflammation in na animal modelo of “ski asthma”*. Equine and Comparative Exercise Physiology 2 (2): 133-138.
- Davis, M.; Willard, M.; Williamson, K.; Steiner, J.; e Williams, D. (2005b). *Sustained strenuous exercise increases intestinal permeability in racing alaskan sled dogs*. Journal of Veterinary Internal Medicine 19: 34-39.
- Davis, M.; Willard, M.; Williamson, K.; Royer, C.; Payton, M.; Steiner, J.; Hinchcliff, K.; McKenzie, E. e Nelson, S., (2006). *Temporal relationship between gastrointestinal protein loss, gastric ulceration or erosion, and stenuous exercise in racing Alaskan sled dogs*. Journal of Veterinary Internal Medicine 20:835-839.
- Darwin, C. (2005).Capítulo I – Variação por domesticação (pág. 30). In *A origem das espécies*. Mem Martins: Publicações Europa-América.
- Dias, Sara (2010). *Estudo dos níveis de L-lactato em plasma de coelho (Oryctolagus cuniculus): determinação de valores de referência e seu valor de prognóstico*. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Faculdade de Medicina Veterinária – Universidade Técnica de Lisboa.
- Duncker e Merkus (2005). *Acute adaptations of the coronary circulation to exercise*. Cell Biochemistry and Biophysics vol. 43: 17-35.
- Endo, M.; Usui, S.; Fukuoka, Y.; Miura, A.; Rossiter, H. e Fukuba, Y. (2004). *Effects of priming exercise intensity on the dynamic linearity of the pulmonary VO2 response during exercise*. European Journal of Applied Physiology 91: 545-554.
- Evans, David (2008). Exercise testing in the field. In Hinchcliff et al. *Equine Exercise Physiology – the science of exercise in the athletic horse* (pp.12-27). Filadélfia: Saunders Elsevier.
- Exército dos Estados Unidos da América (1993). *Military working dog program*. Washington, D.C.: Department of the Army.

- Fenton, V. (1992). *The use of dogs in search, rescue and recovery*. Journal of Wilderness Medicine 3, 292-300.
- Ferasin, L. e Marcora, S. (2009). *Reliability of an incremental exercise test to evaluate acute blood lactate, heart rate and body temperature responses in Labrador Retrievers*. Journal of Compared Physiology B 179: 839-845.
- Ferasin, L. e Nguyenba, T. (2008). *Comparison of canine capillary and jugular venous blood lactate concentrations determined by use of an enzymatic-amperometric bedside system*. American Journal of Veterinary Research 69: 208-211.
- Galibert, F.; Quigon, P.; Hitte, C. e André, C. (2011). *Toward understanding dog evolutionary and domestication history*. Comptes Rendus Biologies, 334, 190-196.
- Garza, Robert (1997). *Athletic heart syndrome in the sled dog*. Projecto de Tese Honorífica da Universidade do Tennessee.
- Gerth, N.; Sum, S.; Jackson, S. e Starck, J. (2009). *Muscle plasticity of Inuit sled dogs in Greenland*. The Journal of Experimental Biology 212, 1131-1139.
- Gillette, R.; Angle, T.; Sanders, J. e DeGraves, F. (2011). *An evaluation of the physiological affects of anticipation, activity arousal and recovery in sprinting Greyhounds*. Applied Animal Behaviour Science 130: 101-106.
- Gleeson, Todd (1996). *Post-exercise lactate metabolism: a comparative review of sites, pathways and regulation*. Annual Reviews of Physiology 58: 565-581.
- Goodyear, L. e Kahn, B. (1998). *Exercise, glucose transport, and insulin sensitivity*. Annual Review of Medicine 49: 235-261.
- Grupo de Intervenção Cinotécnico (2011). *Grupo de Intervenção Cinotécnico*.
- Hampson, B. e McGowan, C. (2007). *Physiological responses of the Australian cattle dog to mustering exercise*. Equine and Comparative Exercise Physiology 4(1): 37-41.
- Helton, W. (2009). *Canine ergonomics: the science of working dogs*. Boca Raton, EUA: CRC Press.
- Hill, Richard (1998). *The nutritional requirements of exercising dogs*. Waltham International Symposium on Pet Nutrition and Health in the 21st century. American Society for Nutritional Sciences.
- Holloway, S.; Sundstrom, D. e Senior, D. (1996). *Effect of acute induced metabolic alkalosis on the acid/base responses to sprint exercise of six racing greyhounds*. Research in Veterinary Science 61: 245-251.
- Honeycutt, R. (2010). *Unraveling the mysteries of dog evolution*. BMC Biology 8:20.

- Hoyt, D.; Wickler, S.; Biewener, A.; Cogger, E. e Paz, K. e (2005). *In vivo muscle function vs speed*. The Journal of experimental Biology 208, 1175-119.
- Huisman, G.; Joles, J.; Kraan, W.; Visschedijk, A.; Velthuisen, J. e Charbon, G. (1982). *Renal hemodynamics and proteinuria in running and swimming beagle dogs*. European Journal of Applied Physiology 49: 231-242.
- Jerram et al. (2009). *Disease and injury of working farm dogs, New Zealand*. Proceedings of the Sheep and Beef Cattle Veterinarians of the New Zealand Veterinarian Association: 163-168.
- Junqueira, L. e Carneiro, J. (2004). *Histologia Básica* – 10ª edição. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Guanabara Koogan.
- Keteyian, Steven (2010). *Exercise in the management of patients with chronic heart failure*. Current Heart Failure Reports 7: 35-41.
- Kittleson, M.; Johnson, L. e Pion, P. (1996). *Submaximal exercise testing using lactate threshold and venous oxygen tension as endpoints in normal dogs and in dogs with heart failure*. Journal of Veterinary Internal Medicine 10: 21-27.
- Koyama, Y.; Galassetti, P.; Coker, R.; Pencek, R.; Lacy, D.; Davis, S. e Wasserman, D. (2002). *Prior exercise and the response to insulin-induced hypoglycemia in the dog*. American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism 282: E1128-1138.
- Larsen, Henrik (2003). *Kenyan dominance in distance running*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A 136, 161-170.
- Leicht, A.; Sinclair, W. e Spinks, W. (2007). *Effect of exercise mode on heart rate variability during steady state exercise*. European Journal of Applied Physiology 102: 194-204.
- Leschnick, M.; Heidrich, C.; Thalhammer, J. e Littitz, H. (2007). *Evaluation of physical fitness in austrian police dogs*. Wiener Tierärztliche Monatsschrift 94 (7-8): 175-179.
- Lindinger, M. e Waller, A. (2008). Muscle and blood acid-base physiology during exercise and in response to training. In Hinchcliff, R et al., *Equine Exercise Philosophy: The Science of Exercise in the Athletic Horse* (pp.350-381). Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Machado, João (2011). *Fisiologia do exercício em cavalos – determinação do limiar anaeróbio e sua relação com a condição física e desempenho desportivo*. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Faculdade de Medicina Veterinária – Universidade Técnica de Lisboa.
- Marcucci, L. e Truskinovsky, L. (2010). *Muscle contraction: a mechanical perspective*. The European Physical Journal E 32, 411-418.

- Matwichuk, C.; Taylor, S.; Shmon, C.; Kass, P. e Shelton, D. (1999). *Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas, and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after strenuous exercise*. American Journal of Veterinary Research vol 60, nº1: 88-92.
- McKenzie, E.; Holbrook, T.; Williamson, K.; Royer, C.; Valberg, S.; Hinchcliff, K.; Cunilleras, E.; Nelson, S.; Williard e Davis, M. (2005). *Recovery of muscle glycogen concentrations in sled dogs during exercise*. Medicine & Science in Sports & Exercise, vol. 37: 1307-1312.
- McKenzie, E.; Cunilleras, E.; Hinchcliff, K.; Holbrook, T.; Royer, C.; Payton, M.; Williamson, K e Nelson, S. (2007). *Serum chemistry alterations in alaskan sled dogs during five successive days of prolonged endurance exercise*. Journal of American Veterinary Medical Association 230, 1486-1492.
- McKenzie, E.; Hinchcliff, K.; Valberg, S.; Williamson, K.; Payton, M. e Davis, M. (2008). *Assessment of alterations in triglyceride and glycogen concentrations in muscle tissue of Alaskan sled dogs during repetitive prolonged exercise*. American Journal of Veterinary Research vol. 69, nº 8: 1097-1103.
- Nelson, N. e Cox, M. (2004). *Lehninger principles of biochemistry* (4ª edição). W. H. Freeman & Co. Ltd.
- Omer, S. (2009). *Normal values of some serochemical parameters in male and female german shepherd dogs in sudan*. Assiust Veterinary Medical Journal, vol. 55, nº 120: 110-115.
- Patterson et al. (2008). *A canine DNMI mutation is highly associated with the syndrome of exercise-induced collapse*. Nature Genetics, vol. 40, nº10: 1235-1239.
- Raekallio, M.; Kuusela, E.; Lehtinen, M.; Tykkylainen, M.; Huttunen, P. e Westerholm, F. (2005). *Effects of exercise-induced stress and dexamethasone on plasma hormone and glucose concentrations and sedation in dogs treated with dexmedetomidine*. American Journal of Veterinary Research 66: 260-265.
- Rantzau, C.; Christopher, M. e Alford, F. e (2007). *Contrasting effects of exercise, AICAR, and increased fatty acid supply on in vivo and skeletal muscle glucose metabolism*. Journal of Applied Physiology 104: 363-370.
- Ready, A. e Morgan, G. (1984). *The physiological response of Siberian Husky dogs to exercise: effect of interval training*. Canadian Veterinary Journal 25: 86-91.
- Restorff, W.; Hofling, B.; Holtz, J. e Bassenge, E. (1975). *Effects of increased blood fluidity trough hemodilution on coronary circulation at rest and during exercise in dogs*. Pflugers Archive 357: 15-24.
- Ritchey, J.; Davis, S.; Breshears, M.; Willard.; Williamson, K.; Royer, C.; Payton, M. e Cragun, A. (2011). *Gastritis in alaskan racing sled dogs*. Journal of Compared Pathology, vol. 145: 68-76.

- Romagnoli, I.; Gigliotti, F.; Lanini, B.; Bianchi, R.; Soldani, N.; Nerini, M.; Duranti, R. e Scano, G. (2004). *Chest Wall kinematics and respiratory muscle coordinated action during hypercapnia in healthy males*. European Journal of Applied Physiology 91: 525-533.
- Romer, L. e Polkey, M. (2008). *Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance*. Journal of Applied Physiology 104: 879-888.
- Roque, Juliano (2009). *Variabilidade da frequência cardíaca*. Trabalho de Seminário integrado no plano de estudos do grau de Licenciatura em Educação Física. Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física – Universidade de Coimbra.
- Rovira, S.; Muñoz, A. e Benito, M. (2007a). *Fluid and electrolyte shifts during and after agility competitives in dogs*. Journal of Veterinary Medical Science 69 (1): 31-35.
- Rovira, S.; Muñoz, A. e Benito, M. (2007b). *Hematologic and biochemical changes during canine agility competitions*. Veterinary Clinical Pathology vol. 36, nº1: 30-35.
- Rovira, S.; Muñoz, A. e Benito, M. (2008). *Effect of exercise on physiological, blood and endocrine parameters in search and rescue-trained dogs*. Veterinarni Medicina 53 (6): 333-346.
- Rovira, S.; Muñoz, A.; Riber, C. e Benito, M. (2010). *Heart rate, electrocardiographic parameters and arrhythmias during agility exercises in trained dogs*. Revue de Medecine Veterinaire 161 (7): 307-313.
- Santos, V. (2006). *Variações hemato-bioquímicas em equinos de salto submetidos a diferentes protocolos de exercício físico*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Veterinária – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Silva, Joana (2010). *Estudos das alterações do metabolismo de hidratos de carbono em gatos com neoplasia*. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Faculdade de Medicina Veterinária – Universidade Técnica de Lisboa.
- Snow, D.; Billeter, R.; Mascarello, F.; Carpenè, E.; Rowlerson, A. e Jenny, E. (1982). *No classical type IIB fibres in dog skeletal muscle*. Histochemistry 75: 53-65.
- Stafford, K. (2006). Capítulo VII – Training methods. In *The welfare of dogs*. Holanda: Springer.
- Steiss, J.; Ahmad, H.; Cooper, P. e Ledford, C. (2004). *Physiologic responses in healthy Labrador Retrievers during field trial training and competition*. Journal of Veterinary Internal Medicine 18: 147-151.

- Stevenson, C.; Kidney, B.; Duke, T.; Snead, E. e Jackson, M. (2007a). *Evaluation of the Accutrend for lactate measuremet in dogs*. Veterinary Clinical Pathology vol. 36, nº3: 261-266.
- Stevenson, C.; Kidney, B.; Duke, T.; Snead, E.; Jaime, R. e Jackson, M. (2007b). *Serial blood lactate concentrations in systemically ill dogs*. Veterinary Clinical Pathology vol. 36, nº3: 234-239.
- Stickland, M.; Smith, C.; Soriano, B. e Dempsey, J. (2009). *Sympathetic restraint of muscle blood flow during hypoxic exercise*. American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 296: R1538-1546.
- Taylor, S.; Shmon, C.; Shelton, G.; Patterson, E. e Minor, K. (2008). *Exercise-induced collapse of Labrador Retrievers: survey results and preliminary investigation of heritability*. Journal of American Animal Hospital Association 44: 1-7.
- Taylor, S.; Shmon, C.; Adams, V.; Mickelson, J.; Patterson, E. e Shelton, G. (2009). *Evaluations of Labrador Retrievers with exercise-induced collapse, including response to a standardized stenuous exercise protocol*. Journal of American Animal Hospital Association 45: 3-13.
- Thorneloe, C.; Bédard, C. e Boysen, S. (2007). *Evaluation of a hand-held lactate analyzer in dogs*. Canadian Veterinary Journal 48: 283-288.
- Toniolo, L.; Maccatrozzo, L.; Patruno, M.; Pavan, E.; Caliaro, F.; Rossi, R.; Rinaldi, C.; Canepari, M.; Reggiani, C. e Mascarello, F. (2007). *Fiber types in canine muscle: myosin isoform expression and functional characterization*. American Journal of Physiology – Cell Physiology 292: C1915-C1926.
- Trut, L.; Plyusnina, I. e Oskina, I. (2004). *An experiment on fox domestication and debatable issues of evolution of the dog*. Russian Journal of Genetics, Vol. 40, Nº 6, 644-655.
- Valberg, S. (2009). *Exertional Rhabdomyolysis: Diagnosis and Treatment*. Proceedings of the 11th International Congress of the World Equine Veterinary Association.
- Vehrs, P.; George, J.; Fellingham, G.; Plowman, S. e Allen, K. (2011). *Submaximal treadmill exercise test to predict VO_{2max} in fit adults*. Measurement in Physical Education and Exercise Science, 11:2, 61-72.
- Waddoups, L.; Wagner, D.; Fallon, J. e Heath, E. (2008). *Validation of a single-stage submaximal treadmill walking test*. Journal of Sports Sciences 26(5): 491-497.
- Wakshlag, J.; Kraus, M.; Gelzer, A.; Downey e Vacchani, P. (2010). *The influence of high-intensity moderate duration exercise on cardiac troponin I and C-reactive protein in sled dogs*. Journal of Veterinary Internal Medicine 24: 1388-1392.
- Webb, J. e Armstrong, J. (2002). *Chronic idiopathic pulmonary fibrosis in a West Highland white terrier*. Canadian Veterinary Journal 43: 703-705.

- White, F.; Bloor, C.; McKirnan, D. e Carroll, S. (1998). *Exercise training in swine promotes growth of arteriolar bed and capillary angiogenesis in heart*. Journal of Applied Physiology 85: 1160-1168.
- Wieczorek, I. e Uscilko, H. (1984). *Metabolic and hormonal responses to prolonged physical exercise in dogs after a single fat-enriched meal*. European Journal of Applied Physiology 53: 267-273.
- Worth, Andrew (2009). *Achilles tendon injuries in working dog*. Proceedings of the Sheep and Beef Cattle Veterinarians of the New Zealand Veterinarian Association: 193-194.
- Yanagida, T. (2007). *Muscle contraction mechanism based on actin filament rotation*. Advances in Experimental Medicine and Biology, volume 592, VI, 359-367.
- Yoshida, T.; Chida, M.; Ichioka, M. e Suda, Y. (1987). *Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance*. European Journal of Applied Physiology 56: 7-11.

ANEXOS

Anexo 1 – Fotografias de casos seguidos e procedimentos executados durante o estágio



Figura 12 – Drenagem torácica de um felídeo.

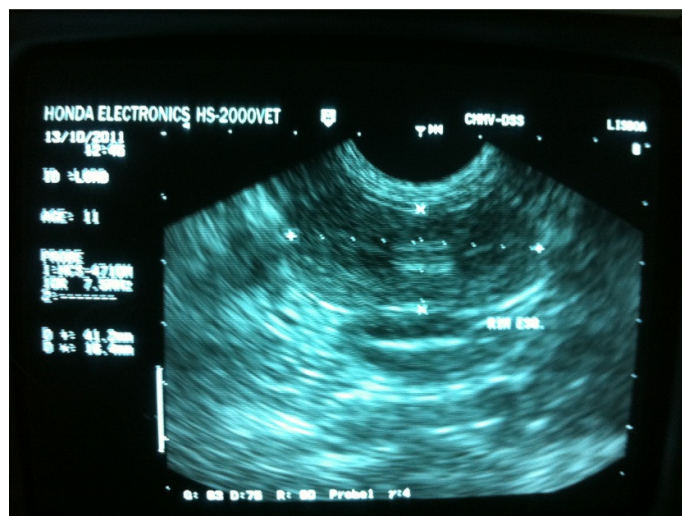


Figura 13 – Ecografia renal de um canídeo com insuficiência renal crônica.



Figura 14 – Radiografia de um canídeo com “mandíbula de borracha” devido a hiperparatireoidismo secundário a insuficiência renal crônica.



Figura 15 – Esplenectomia de um canídeo com volvo gástrico.



Figura 16 – Radiografia abdominal de um canídeo com fecaloma.



Figura 17 – Radiografia de um canídeo com fratura de tibia e fíbula.



Figura 18 – Canídeo com histiocitoma cutâneo disseminado.



Figura 19 – Tumor mamário numa cadela Rottweiler.



Figura 20 – Extirpação do tumor mamário.

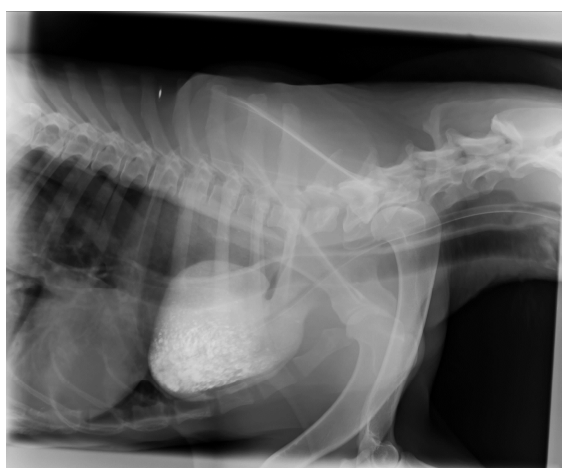


Figura 21 – Radiografia de contraste num canídeo com megaesófago.



Figura 22 – Melanoma numa cadela Boxer.



Figura 23 – Assistência ao parto de uma cadela Yorkshire Terrier.

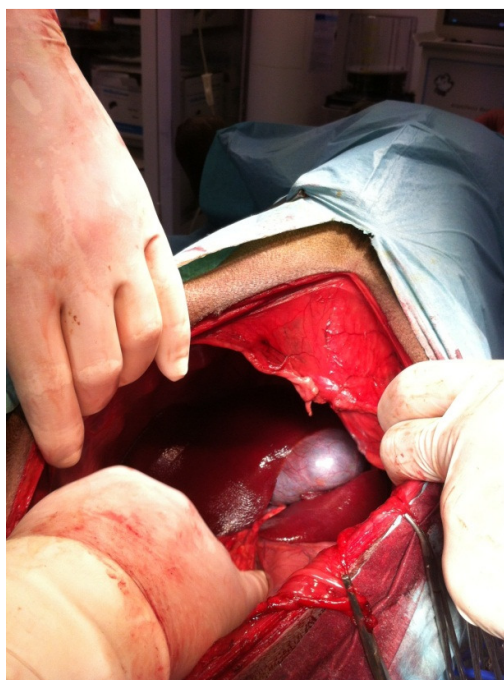


Figura 24 – Cirurgia de correcção de volvo gástrico.



Figura 25 – Esplenectomia de um canídeo com tumor esplênico.